3225/43

EGYETEMI KÖNYVTÁR FOLYÓIRATOK SZEGED

MATEMATIKAI ÉS TERMÉSZETTUDOMÁNYI ÉRTESITŐ

A M. TUD. AKADÉMIA III. OSZTÁLYÁNAK FOLYÓIRATA

SZERKESZTI MAURITZ BÉLA OSZTÁLYTITKÁR.

LV. KÖTET. — ELSŐ RÉSZ.

MATHEMATISCHER UND NATURWISSENSCHAFTLICHER ANZEIGER

DER UNGARISCHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

REDIGIERT VON B. MAURITZ KLASSENSEKRETÄR.

BAND LV. — ERSTE TEIL.

BUDAPEST.

KIADJA A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA.

1936.

EGYETEMI KÖNYVTÁR SZEGED. FOLYÓIRATOK 19 / /

TARTALOMJEGYZÉK.

Lap

BULLA BÉLA: Terraszok és szintek a Duna jobbpartján Dunaadony és Mohács között ..... 193—222

FEHÉR DÁNIEL: Az alföldi homokos talajok biochémiai vizsgálata, tekintettel a fásításra ..... 133—164

FEJÉR LIPÓT: Hatványsorok többszörösen monoton együtthatósorozattal ..... 1— 27

HARWOOD H. F.: lásd MAURITZ BÉLA.

KENYERES BALÁZS: Sachliche Beweise bei der Klärung von Todesfällen című könyvének és a törvényszéki orvostan újabb irányának ismertetése ..... 289—307

LIPKA ISTVÁN: Dirichlet-sorok és hatványsorok szingularitásairól ..... 272—277

MANNINGER REZSŐ: A newcastle-i betegség ragályanyagának tulajdonságairól ..... 225—230

MANNINGER REZSŐ és MARCIS ÁRPÁD: Kísérletek az Aujeszky-féle betegség ragályanyagával ..... 232—238

MARCIS ÁRPÁD: lásd MANNINGER REZSŐ.

MAURITZ BÉLA és H. F. HARWOOD: A Tátika-csoport bazaltos kőzetei ..... 75—103

MAUTHNER NÁNDOR: Egy új pyrogallolaldehyd szintézise .. 186—190

MIHAILICH GYŐZŐ: A meleg befolyása a bauxitcement-beton szilárdságára ..... 30— 42

RADOS GUSZTÁV: Adalékok a Gauss-féle számtest elméletéhez 250—269

ROTARIDES MIHÁLY: A csigák helyváltoztatásának morphológiai alapvonalai ..... 105—130

ROZLOZSNIK PÁL: A Bihar-hegycsoport tektonikai helyzete a Kárpátok rendszerében ..... 46— 68

'SIGMOND ELEK: Jelentés a III. nemzetközi talajtani kongresszus nehány kiemelkedőbb tudományos eredményéről 240—248

TIHANYI MIKLÓS: Weber-féle resolvensek szorzása ..... 173—183

ZINNER ERNŐ: Regiomontanus Magyarországon ..... 280—287

MATEMATIKAI
ÉS
TERMÉSZETTUDOMÁNYI
ÉRTESITŐ

A M. TUD. AKADÉMIA III. OSZTÁLYÁNAK FOLYÓIRATA

SZERKESZTI MAURITZ BÉLA OSZTÁLYTITKÁR.

LV. KÖTET.

MATHEMATISCHER
UND
NATURWISSENSCHAFTLICHER
ANZEIGER

DER UNGARISCHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

REDIGIERT VON B. MAURITZ KLASSENSEKRETÄR.

BAND LV.

BUDAPEST.
KIADJA A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA.
1937.

50639

FRANKLIN-TÁRSULAT NYOMDÁJA.

TARTALOMJEGYZÉK.

Lap

Barnóthy Jenő és Forró Magdolna: Meteorológiai és mágneses tényezők hatása a kozmikus sugárzásra. I. ..... 525—537

Barta József: Változó keresztmetszetű nyomott rúd rugalmas kihajlásáról ..... 804—809

Bulla Béla: Terraszok és szintek a Duna jobbpartján Dunaadony és Mohács között ..... 193—222

Császár Elemér: A Röntgen-sugárzás energiájának mérése. III. ..... 342—369

Fehér Dániel: Az alföldi homokos talajok vizsgálata, tekintettel a fásításra ..... 133—164

Fejér Lipót: Hatványsorok többszörösen monoton együtthatósorozattal ..... 1—27

Filarszky Nándor: Idegenföldi Chara-félék határozása .. 476—495

Forró Magdolna: lásd Barnóthy Jenő.

Gerő Loránd: lásd Schmid Rezső.

Gombás Pál: A szilárd krypton állandóinak elméleti meghatározása ..... 498—509

Gombás Pál: A potenciális és kinetikus energiaváltozások közelítő összefüggéséről atomi rendszerek kölcsönhatásánál 512

Gróh Gyula, Weltner Margit és Szélyes Lajos: További spektrofotométeres és chemiai vércsoportvizsgálatok .. 627—649

Harwood H. F.: lásd Mauritz Béla.

Kenyeres Balázs: Sachliche Beweise bei der Klärung von Todesfällen című könyvének és a törvényszéki orvostan újabb irányának ismertetése ..... 289—307

Konek Frigyes: Adatok a spartein és a vele rokonszerkezetű csillagfürtalkaloidok kémiájához ..... 449—464

Konek Frigyes: A hydrocinchonin vagy cinchotin jódmethylátjai ..... 466—474

Kutassy Endre: A legrégibb fosszilis gyöngy és sérülésnyomok egy triászkori Megaloduson ..... 1005—1017

Lipka István: Dirichlet-sorok és hatványsorok szingularitásairól ..... 272—277

Manninger Rezső: A newcastle-i betegség ragályanyagának tulajdonságairól ..... 225—230

★

Lap

MANNINGER REZSŐ és MARCIS ÁRPÁD: Kísérletek az Aujeszky-féle betegség ragályanyagával ..... 232—238
MARCIS ÁRPÁD: lásd MANNINGER REZSŐ.
MAURITZ BÉLA és H. F. HARWOOD: A Tátika-csoport bazaltos kőzetei ..... 75—103
MAURITZ BÉLA és H. F. HARWOOD: A balatoni Szentgyörgyhegy bazaltja ..... 891—921
MAURITZ BÉLA: A halápi és gulácsi bazalt hólyagüregeiben keletkezett ásványok ..... 923—936
MAURITZ BÉLA és H. F. HARWOOD: A celldömölki Sághegy bazaltos kőzete ..... 938—958
MAUTHNER NÁNDOR: Egy új pyrogallolaldehyd szintézise .. 186—190
MAUTHNER NÁNDOR: Vizsgálatok a tetroxybenzolokról .... 441—446
MAUTHNER NÁNDOR: A homo o. veratrumaldehid szintézise és az o. veratrumaldehid egy új előállítási módja ..... 662—668
MIHAILICH GYŐZŐ: A meleg befolyása a bauxitcement-beton szilárdságára ..... 30—42
SZŐKEFALVI NAGY BÉLA: Önmagában zárt orthogonális függvényrendszer szorzótáblázatáról ..... 574—589
SZŐKEFALVI NAGY GYULA: Többméretű térben fekvő többmenetű görbékről ..... 540—548
SZŐKEFALVI NAGY GYULA: Többméretű terekben fekvő maximális indexű görbékről ..... 550—570
NÁRAY-SZABÓ ISTVÁN: A hidrogén túlfeszültsége higanykatódon ..... 672—689
NEUGEBAUER TIBOR: Az ionok deformációjának kiszámítása a wurtzitrácsban ..... 401—402
NEUGEBAUER TIBOR: A Van Der WAALS-erők számítása .. 410—428
ORSÓS ISTVÁN: Az újszülött ember agyának gliaarchitektonikája ..... 1038—1095
PALIK PIROSKA: A pusztaszentjakabi tó algái ..... 592—608
RADOS GUSZTÁV: Adalékok a Gauss-féle számtest elméletéhez 250—269
RADOS GUSZTÁV: Adalék a binom kongruenciák elméletéhez 309—318
RADOS GUSZTÁV: Összetett modulusok primitív gyökei a Gauss-féle számtestben ..... 320—340
RADOS GUSZTÁV: Egy primideál-modulusra vonatkozó numerikus kongruenciáról ..... 611—625
ROTARIDES MIHÁLY: A csigák helyváltoztatásának morphológiai alapvonalai ..... 105—130
ROZLOZSNIK PÁL: A Bihar-hegycsoport tektonikai helyzete a Kárpátok rendszerében ..... 46—68
SCHMID REZSŐ és GERŐ LORÁND: A szénoxidmolekula energiaállapotairól. I. ..... 691—730

Lap

Schmid Rezső és Gerő Loránd: A szénoxidmolekula energia-állapotairól. II. ..... 732—762
Sebestyén Olga: A Hydramoeba hydroxena (Entz) Reynolds életmódjáról. (Táplálkozás, betokozódás.) ..... 849—875
'Sigmond Elek: Jelentés a III. nemzetközi talajtani kongresszus nehány kiemelkedőbb tudományos eredményéről 240—248
Szabó Zoltán: Dolgozatok a nem izoterm galvánelemekről 766—802
Szélyes Lajos: lásd Gróh Gyula.
Sztrókay Kálmán: Diszperzitásfok-változások vulkáni tufák iszapolásánál ..... 960—968
Tihanyi Miklós: Weber-féle resolvensek szorzása ..... 173—183
Tokody László: Kristálytani vizsgálatok magyarországi kvarcokon ..... 985—1000
Verebély Tibor: A daganatok szerepe az életfolyamatok szabályozásában ..... 1024—1036
Vitális István: A nagytétényi fullerföld és bányászata ... 971—983
Weltner Margit: lásd Gróh Gyula.
Wolsky Sándor: Szénmonoxid hatása Drosophila-bábok oxigénfogyasztására ..... 879—888
Zemplén Géza: Az acetylezett szénhidrátok elszappanosítása 432—439
Zemplén Géza: A «neolinarin»-ról, a Linaria vulgarisnak új glükozidjáról ..... 652—657
Zemplén Géza: A trehalóznak egy egyszerű előállításmódja 659—660
M. Zemplén Jolán: Az atmoszférikus oxigén-sávok Zeeman jelenségéről ..... 373—399
Zimmermann Ágoston: Adatok a macska veséjének anatómiájához ..... 837—846
Zimmermann Gusztáv: Adatok a koponyaüreg összehasonlító csonttanához ..... 811—833
Zinner Ernő: Regiomontanus Magyarországon ..... 280—287

INHALTSVERZEICHNIS.

Seite

BARNÓTHY, J. und FORRÓ, M.: Meteorologisch-magnetische Einflüsse auf die Ultrastrahlungsintensität ..... 538—539

BARTA, J.: Über die elastische Knickung des gedrückten Stabes mit veränderlichem Querschnitt 810

BULLA, B.: Terrassen und Niveaus am rechten Donauufer zwischen Dunaadony und Mohács ..... 223—224

CSÁSZÁR, E.: Die Energiemessung der Röntgenstrahlung .. 370—372

FEHÉR, D.: Biochemische Untersuchungen der Sandböden der ungarischen Tiefebene mit besonderer Berücksichtigung ihrer Aufforstung ..... 165—172

FEJÉR, L.: Potenzreihen mit mehrfach monotoner Koeffizientenfolge ..... 28—29

FILARSZKY, F.: Bestimmungen einiger exotischen Characeen 496—497

FORRÓ, M. siehe BARNÓTHY, J.

GERŐ, L. siehe SCHMID, R.

GOMBÁS, P.: Berechnung der Konstanten des festen Kryptons 510—511

GOMBÁS, P.: Über einen näherungsweisen Zusammenhang der potentiellen und kinetischen Energieänderung bei der Wechselwirkung atomarer Systeme ..... 513—524

GRÓH, J., WELTNER, M. und SZÉLYES, L.: Fortgesetzte spektralphotometrische Blutgruppen-Untersuchungen ..... 650—651

HARWOOD, H. F.: siehe MAURITZ, B.

KONEK, F.: Beiträge zur Chemie des Sparteins 465

KONEK, F.: Über die Jodmethylate von Hydrocinchonin oder Cinchotin 475

KUTASSY, A.: Die älteste fossile Perle und Verletzungsspuren an einem triadischen Megalodus ..... 1018—1023

LIPKA, St.: Über Singularitäten von Potenzreihen und Dirichletschen Reihen ..... 278—279

MANNINGER, R.: Über die Eigenschaften des Virus der Newcastlekrankheit 231

MANNINGER, R. und MARCIS, Á.: Versuche mit dem Virus der Aujeszkyschen Krankheit 239

MARCIS, Á. siehe MANNINGER, R.

Seite

MAURITZ, B. und HARWOOD, H. F.: Die Basaltgesteine der Tátikagruppe 104
MAURITZ, B. und HARWOOD, H. F.: Der Basalt des Szentgyörgy-Berges in der Balatongegend 922
MAURITZ, B.: Die Mineralien der Blasenräume im Basalt vom Haláp und Gulács (Plattenseegebiet) 937
MAURITZ, B. und HARWOOD, H. F.: Der Basalt des Ság-Berges bei Celldömölk (Ungarn) 959
MAUTHNER, F.: Die Synthese eines neuen Pyrogallolaldehyds 191—192
MAUTHNER, F.: Untersuchungen über die Tetroxybenzole .. 447—448
MAUTHNER, F.: Die Synthese des Homo o. Veratrumaldehyds und eine neue Darstellungsweise des o. Veratrumaldehyds 669—671
MIHAILICH, V.: Einfluss der Wärme auf die Festigkeit des Bauxitzementbetons ..... 43—45
NAGY, B. v. Sz.: Über die Multiplikationstabelle eines in sich abgeschlossenen orthogonalen Funktionensystems ..... 590—591
NAGY, J. v. Sz.: Mehrzügige Kurven im mehrdimensionalen Raume 549
NAGY, J. v. Sz.: Über Kurven vom Maximalindex in mehrdimensionalen Räumen ..... 571—573
NÁRAY-SZABÓ, St. v.: Die Überspannung des Wasserstoffes an Quecksilber 690
NEUGEBAUER, T.: Über die Ionendeformation im Wurtzitgitter ..... 403—409
NEUGEBAUER, T.: Über die Van Der WAALS-schen Kräfte .. 429—431
ORSÓS, St.: Die Gliaarchitektonik der Gehirnhemisphaeren des neugeborenen Menschen ..... 1096—1102
PALIK, P.: Die Algen des Pusztaszentjakaber Teiches ..... 609—610
RADOS, G.: Beiträge zur Theorie des Gauss'schen Zahlkörpers 270—271
RADOS, G.: Ein Beitrag zur Theorie der binomischen Kongruenzen 319
RADOS, G.: Über die primitiven Wurzeln zusammengestzer Zahlen im Gausschen Zahlkörper 341
RADOS, G.: Über eine numerische Kongruenz deren Modul ein Primideal ist 626
ROTARIDES, M.: Die morphologischen Grundlagen der Lokomotion der Schnecken ..... 131—132
ROZLOZSNIK, P.: Die tektonische Stellung der Bihargebirgsgruppe (Mtii Apuseni) im Karpathensystem ..... 69—74
SCHMID, R. und GERŐ, L.: Über die Energiezustände des CO-Moleküls. I. 731
SCHMID, R. und GERŐ, L.: Über die Energiezustände des CO-Moleküls. II. ..... 763—765

Seite

SEBESTYÉN, O.: On the life method (feeding habit, encystment) of Hydramoeba hydroxena (ENTZ) REYNOLDS ..... 876—878
'SIGMOND, A. A. J. de: Report on some outstanding scientific achievements of the Third International Congress of Soil Sience 249
SZABÓ, Z.: Über die Thermodynamik der Ionen konzentrierter Lösungen 803
SZÉLYES, L.: siehe GRÓH, J.
SZTRÓKAY, K.: Änderungen des Dispersitätsgrades bei der Schlämmanalyse vulkanischer Tuffen ..... 969—970
TIHANYI, N.: Die Multiplikation der Weberschen Resolventen 184—185
TOKODY, L.: Kristallographische Untersuchungen einiger ungarischen Quarzkristalle ..... 1001—1004
VEREBÉLY, T. v.: Die Rolle der Geschwülste in der Regelung der Lebensvorgänge 1037
VITÁLIS, St.: Fuller-(Walk-) Erde-Bergbau in Rumpfungarn 984
WELTNER, M. siehe GRÓH, J.
WOLSKY, A.: Die Wirkung des Kohlenoxyds auf den Sauerstoffverbrauch von Drosophilapuppen ..... 889—890
ZEMPLÉN, G.: Über die Verseifung acetylierter Kohlenhydrate 440
ZEMPLÉN, G.: «Neolinarin», ein neues Glikosid aus Linaria vulgaris 658
ZEMPLÉN, G.: Ein einfache Darstellung der Trehalose 661
M. ZEMPLÉN, J.: Über den Zeeman-Effekt der Bandenlinien der athmosphärischen Sauerstoffbanden 400
ZIMMERMANN, A.: Zur Anatomie der Katzenniere ..... 847—848
ZIMMERMANN, G.: Beiträge zur vergleichenden Osteologie der Schädelhöhle ..... 834—836
ZINNER, E.: Regiomontanus in Ungarn 288

HATVÁNYSOROK TÖBBSZÖRÖSEN MONOTON EGYÜTTHATÓSOROZATTAL.

FEJÉR LIPÓT r. tagtól.

Bevezetés.

1. Néhány újabban közölt dolgozatban (FEJÉR [**2**, **3**, **4**] és FEJÉR—SZEGŐ [**5**]) többek között arra az eredményre jutottam, hogy *totálisan monoton*[1] együtthatósorozattal bíró hatványsorok és trigonometrikus sorok bizonyos *tulajdonságai* már azokon a sorokon is mutatkoznak, amelyek együtthatósorozatának monotonitási rendje nem *végtelen*,[2] hanem egy bizonyos *véges* egész szám. Miután kiderült, hogy e sorok egy bizonyos tulajdonsággal bírnak, ha az együtthatósorozat k-szorosan monoton, nyomban fölmerül a következő kérdés: melyik a k-nak, a monotonitás rendszámának az a *legkisebb* értéke, amellyel a szóban forgó tulajdonság még érvényes marad. A mondottak megvilágítására mindjárt néhány tételt sorolok föl, amelyeket fönt idézett dolgozataimban bebizonyítottam.

---

[1] Ha $c_0, c_1, c_2, \ldots, c_n, \ldots$ egy végtelen számsorozat, akkor a hozzátartozó «differenciák» végtelen quadratikus mátrixa:

$$\Delta^{(\nu)}c_n = c_n - \binom{\nu}{1}c_{n+1} + \binom{\nu}{2}c_{n+2} - \cdots + (-1)^\nu \binom{\nu}{\nu}c_{n+\nu},$$
$$n = 0, 1, 2, \ldots; \quad \nu = 0, 1, 2, \ldots .$$

($\Delta^{(0)}c_n$ magát a c_n számot jelenti). Ha mármost $\Delta^{(\nu)}c_n \geqq 0$, ha $n=0, 1, 2, \ldots$; $\nu=0, 1, 2, \ldots k$, akkor a $\{c_n\}$ sorozatot *k-szorosan monotonnak* mondjuk. Ha pedig $\Delta^{(\nu)}c_n \geqq 0$, ha $n = 0, 1, 2, \ldots$; $\nu = 0, 1, 2, \ldots$, akkor azt mondjuk, hogy a $\{c_n\}$ sorozat *totálisan monoton*. A $c_0=c_1=c_2=\cdots=c_n=\cdots=0$ triviális esetet egyszersmindenkorra kizárjuk.

[2] Ha az együtthatósorozat monotonitási rendje végtelen, akkor a szóbanforgó tételek bizonyítása gyakran (de nem mindig) igen egyszerűen eszközölhető a mélyenfekvő HAUSDORFF—STIELTJES-féle előállítás segítségével.

I. tétel. *Ha az*

$$f(z) = c_1 z + c_2 z^3 + c_3 z^5 + \cdots + c_n z^{2n-1} + \cdots \qquad (1)$$

hatványsorban a $c_1, c_2, c_3, \ldots, c_n, \ldots$ *együtthatósorozat háromszorosan monoton, akkor a hatványsor* $|z| < 1$*-re összetartó és egyrétű (schlicht).*

Van olyan (1) *típusú, kétszeresen monoton* $c_1, c_2, c_3, \ldots, c_n, \ldots$ *együtthatósorozattal bíró hatványsor, amely* $|z| < 1$*-re nem egyrétű*[3] (FEJÉR [2]).

Könnyebben bizonyítható a következő tétel.

II. tétel. *Ha az*

$$f(z) = c_1 z + c_2 z^2 + c_3 z^3 + \cdots + c_n z^n + \cdots \qquad (2)$$

hatványsorban a $c_1, c_2, c_3, \ldots, c_n, \ldots$ *együtthatósorozat négyszeresen monoton,*[4] *akkor a hatványsor* $|z| < 1$*-re összetartó és egyrétű.*

Van olyan (2) *típusú, egyszeresen monoton* $c_1, c_2, c_3, \ldots, c_n, \ldots$ *együtthatósorozattal bíró hatványsor, amely* $|z| < 1$*-re nem egyrétű*[5] (FEJÉR [2]).

---

[3] Ilyen hatványsor például

$$f(z) = 2z + z^3.$$

Ennek 2, 1, 0, 0, 0,... együtthatósorozata kétszeresen monoton és $f(z)$ nem egyrétű a $|z| < 1$ egységkörben, mert $f'(z) = 2 + 3z^2$ eltűnik a $|z| < 1$ egységkörben.

[4] J. W. ALEXANDER dolgozatában [ALEXANDER 1] a következő tételt találjuk: $w = f(z) = c_1 z + c_2 z^2 + \cdots$ egyrétű $|z| < 1$-re, ha az $\{nc_n\}$ sorozat egyszeresen monoton. Én e dolgozat 3. §-ában kimutatom, hogy, ha $\{nc_n\}$ kétszeresen monoton, akkor a $|z| < 1$ egységkörnek az $f(z)$ függvény által létesített w-síkbeli konform képe nemcsak egyrétű, hanem csillagszerű is a w függvénysík $w = 0$ pontjára vonatkozólag.

[5] Pl. ha

$$f(z) = z + z^2 + \cdots + z^n,$$

akkor az 1, 1,... 1, 0, 0, 0... együtthatósorozat egyszeresen monoton és $f(z)$ az $|z| < 1$ egységkörben nem egyrétű (ha $n \geqq 2$); ugyanis az

$$f'(z) = 1 + 2z + \cdots + nz^{n-1}$$

deriváltnak mind az $(n-1)$ gyöke a $|z| < 1$ körbe esik. Továbbá a

$$\varphi(z) = \frac{1+z+z^3}{1-az^3} = 1 + z + z^2 + az^3 + az^4 + az^5 + a^2z^6 + \cdots$$

sor sem egyrétű a $|z| < 1$ egységkörben, ha az a pozitív parameter elegendő kicsiny. Ugyanis

A «maradékok» sorozatára a következő tételt találtam.

III. tétel. *Ha az*

$$f(z) = c_0 + c_1 z + c_2 z^2 + \cdots + c_n z^n + \cdots \tag{3}$$

hatványsorban a $c_0, c_1, c_2, \ldots, c_n, \ldots$ *együtthatósorozat háromszorosan monoton, akkor az egész* $|z| < 1$ *egységkörben*[6]

$$|f(z)| = |R_0(z)| \geqq |R_1(z)| \geqq R_2(z)| \geqq \cdots \geqq |R_n(z)| \geqq \cdots \tag{4}$$

érvényes, ahol

$$R_n(z) = c_n z^n + c_{n+1} z^{n+1} + \cdots = \sum_{\nu=n}^{\infty} c_\nu z^\nu. \tag{5}$$

Van olyan egyszeresen monoton $c_0, c_1, c_2, \ldots, c_n, \ldots$ *együtthatósorozattal bíró* (3) *típusú hatványsor, amelyre a* (4) *alatti egyenlőtlenséglánccolat nem érvényes.*[7] (Fejér [3] és Fejér—Szegő [5]).

$$\varphi'(z) = \frac{(1+2z)(1-az^3) + 3az^2(1+z+z^2)}{(1-az^3)^2};$$

tehát, ha $a = 0$, akkor $\varphi'(z)$ eltűnik a $z = -\frac{1}{2}$ helyen. Ebből következik, hogy $\varphi'(z)$ eltűnik a $z = -\frac{1}{2}$ hely környezetében, ha az a pozitív parameter elegendő kicsiny.

[6] Ebből a (3) alatti sor $s_n(z)$ részletösszegeire az

$$|s_n(z)| \leqq 2|f(z)|,$$
$$n = 0, 1, 2, \ldots; \quad |z| < 1$$

becslés következik. Ez a becslés annyiban figyelemreméltó, amennyiben ez az $|s_n(z)|$-ét az $f(z)$ függvénynek a z *helyen magán* föllépő $f(z)$ értékének abszolút értékével, $|f(z)|$-vel, határolja, *(nem* pedig az $|f(z)|$-nek a z ponton átmenő $|z| =$ const. körön vett *maximumával).* Az $|s_n(z)| \leqq 2|f(z)|$ becslés már Fejér [2] dolgozatomban található.

[7] Például az

$$f(z) = \frac{1+z}{1-az^2} = 1 + z + az^2 + az^3 + a^2z^4 + a^2z^5 + \cdots$$

sorban az együtthatósorozat egyszeresen monoton, ha $0 < a < 1$; viszont az

$$\frac{R_{2\nu+1}(z)}{R_{2\nu}(z)} = z\,\frac{1+az}{1+z}$$

hányados (amely itt ν-től független) abszolút értékben *nagyobb* 1-nél, ha z a $|z| < 1$ egységkör bizonyos részében van. Hasonló tényállás a

$$\varphi(z) = \frac{1+z+z^2}{1-az^3} = 1 + z + z^2 + az^3 + az^4 + az^5 + a^2z^6 + \cdots$$

példa esetében.

Végül megemlítek egy tételt «a hatványsor LEGENDRE-féle polinomjai»-ra vonatkozólag.

IV. tétel. *Ha az*

$$f(z) = c_0 + c_1 z + c_2 z^2 + \cdots + c_n z^n + \cdots \tag{6}$$

hatványsorban a $c_0, c_1, c_2, \ldots, c_n, \ldots$ *együtthatósorozat totálisan monoton és ha*

$$|f(re^{i\theta})|^2 = P_0(\cos\theta) + P_1(\cos\theta)\, r + \cdots + P_n(\cos\theta)\, r^n + \cdots, \tag{7}$$

akkor a $P_0(\cos\theta), P_1(\cos\theta), \ldots, P_n(\cos\theta), \ldots$ LEGENDRE-*féle polinomok által képezett*

$$P_0(\cos\theta) + P_1(\cos\theta) + \cdots + P_n(\cos\theta) + \cdots \tag{8}$$

végtelen sor összes elsőrendű számtani közepei nemnegatívok a θ *minden valós értékére* (FEJÉR [3]).

2. Látjuk, hogy az I. tételre nézve $k=3$ a monotonitás legalacsonyabb rendje, amelyre a tétel még általános érvényű marad. Ellenben a III. tételre nézve nem $k=3$ a legalacsonyabb, megengedhető monotonitási rend, hanem $k=2$. Ez az eredmény SZEGŐ-től származik (FEJÉR-SZEGŐ [5]). Újabban sikerült nekem a IV. tételre vonatkozólag a $c_0, c_1, c_2, \ldots, c_n, \ldots$ együtthatósorozat monotonitási rendjét $k=\infty$-ről $k=2$-re alászállítani; vagyis érvényes a következő tétel:

Ha a $c_0, c_1, c_2, \ldots, c_n, \ldots$ *számsorozat nemnegatív, monoton fogyó és alulról konvex, akkor a megfelelő* $P_0(\cos\theta), P_1(\cos\theta), \ldots, P_n(\cos\theta), \ldots$ LEGENDRE-*féle polinomokból alkotott*

$$P_0(\cos\theta) + P_1(\cos\theta) + \cdots + P_n(\cos\theta) + \cdots$$

végtelen sor összes számtani közepei nemnegatívok a θ *minden reális értékére.*

E tétel igen egyszerű bizonyítását e dolgozat 5. §-ában adom.

Nem sikerült eldöntenem, vajjon a II. tételre vonatkozólag a $k=4$ monotonitási rend csökkentése lehetséges-e?[8] Mégis, ami-

---

[8] Ha a $c_0 + c_1 z + c_2 z^2 + \cdots$ sorban az együtthatósorozat monotonitási rendje $k=2$, akkor a sor «egyrétű» a -1 pontot a $+1$ ponttal, továbbá a $-i$ pontot a $+i$ ponttal összekapcsoló *átmérőkön*. Ez egyszerűen következik jelen dolgozat V. számú tételéből.

kor e kérdéssel foglalkoztam, néhány olyan eredményre bukkantam, amelyek, úgy látszik, az irodalomban még nem szerepelnek. Az egyik, amely arra az esetre vonatkozik, amikor az x változó a -1-től $+1$-ig terjedő *valós* közben mozog, így hangzik (l. 1. §):

Ha az

$$f(x) = c_0 + c_1x + c_2x^2 + \cdots + c_nx^n + \cdots$$

hatványsorban a $c_0, c_1, c_2, \ldots, c_n, \ldots$ *együtthatósorozat* $(k+1)$*-szeresen monoton, akkor a hatványsor a* $-1 < x < 1$ *közben konvergens és ugyanott*

$$f(x) \geqq 0,\ f'(x) \geqq 0,\ f''(x) \geqq 0, \ldots,\ f^{(k)}(x) \geqq 0$$

érvényes.

Ez az állítás a $0 \leqq x < 1$ közre nyilván triviális; csak a $-1 < x < 0$ közre van lényeges tartalma.

A 2. § a transzformált sorokkal, a 3. § csillagszerűséggel és konvexitással, a 4. § pedig a maradéksorokkal foglalkozik, mindig olyan hatványsorokkal kapcsolatban, amelyekre nézve a $\{c_n\}$ együtthatósorozat (vagy az $\{nc_n\}$, vagy pedig az $\{n^2c_n\}$) egy bizonyos rendben monoton.

1. §. A hatványsor deriváltjairól a $(-1, +1)$ közben, ha az együtthatósorozat többszörösen monoton.

1. V. tétel. *Ha az*

$$f(x) = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \cdots + a_nx^n + \cdots \tag{1}$$

hatványsorban az $a_0, a_1, a_2, \ldots, a_n, \ldots$ *együtthatósorozat* $(k+1)$*-szeresen monoton, akkor a hatványsor a* $-1 < x < 1$ *közben konvergens és*

$$f(x) \geqq 0,\ f'(x) \geqq 0,\ f''(x) \geqq 0, \ldots,\ f^{(k)}(x) \geqq 0$$

érvényes az egész $-1 < x < 1$ *közben.*[9]

---

[9] Ha tehát az $f(x) = \sum_{n=0}^{\infty} a_nx^n$ hatványsorban az $\{a_n\}$ együtthatósorozat *totálisan* monoton, akkor $f^{(k)}(x) \geqq 0$ a k *minden* nemnegatív egész értékére érvényes. *Ez* a tétel közvetlen folyománya az

$$f(x) = \int_0^1 \frac{d\varphi(t)}{1-tx}$$

HAUSDORFF—STIELTJES-féle előállításnak, amelyből következik:

2. Első bizonyítás. Ez az

$$1 + x + x^2 + \cdots + x^n + \cdots \tag{2}$$

geometriai sor magasabbrendű (iterált) részletösszegeinek bizonyos tulajdonságán alapszik.

A FOURIER-féle sorra és a komplex hatványsorra vonatkozó vizsgálataimban a geometriai sornak (vagy deriváltjainak) magasabbrendű összegei szerepelnek; ott e magasabbrendű összegek viselkedése *az x komplex számsík* $|x| = 1$ *egységkörén* jön tekintetbe. Ebben az 1. fejezetben e magasabbrendű összegek viselkedése a $-1 < x < 1$ valós közben, vagyis az egységkör *valós átmérőjén*, játszik szerepet.

Értelmezzük és jelöljük a (2) alatti mértani sor magasabbrendű összegeit a következő módon:

$$\begin{aligned}
s_n^{(0)}(x) &= 1 + x + \cdots + x^n \\
s_n^{(1)}(x) &= s_0^{(0)}(x) + s_1^{(0)}(x) + \cdots + s_n^{(0)}(x) \\
s_n^{(2)}(x) &= s_0^{(1)}(x) + s_1^{(1)}(x) + \cdots + s_n^{(1)}(x) \\
&\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \\
s_n^{(\nu)}(x) &= s_0^{(\nu-1)}(x) + s_1^{(\nu-1)}(x) + \cdots + s_n^{(\nu-1)}(x) \\
&\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots
\end{aligned} \tag{3}$$

Minthogy a (2) alatti mértani sor generátorfüggvénye, ha z jelzi a generátorfüggvény változóját,

$$\frac{1}{1-xz} = 1 + xz + x^2z^2 + \cdots + x^nz^n + \cdots, \tag{4}$$

$$\frac{f^{(k)}(x)}{k!} = \int_0^1 \frac{t^k d\varphi(t)}{(1-tx)^{k+1}}.$$

Ebből láthatjuk, hogy (az analitikailag folytatható $f(x)$-re) $f^{(k)}(x) \geqq 0$, $k = 0, 1, 2, \ldots$, még az egész $-\infty < x < 1$ közre is érvényes. ($\varphi(t)$ a t valós változó oly valós függvényét jelöli, amely a $0 \leqq t \leqq 1$ közben van értelmezve, ott korlátos, sohasem fogyó és $\lim_{t \to +0} \varphi(t) < \varphi(1)$). A fenti képletből még azt is láthatjuk, hogy az $\left\{\frac{f^{(k)}(x)}{k!}\right\}$, $k = 0, 1, 2, \ldots$, sorozat totálisan monoton, ha x a $-\infty < x < 0$ negatív tengely egy rögzített pontja. E szerint áll a következő tétel: Ha az $f(x)$ analytikai függvényre nézve az $x = 0$ reguláris helyen az $\left\{\frac{f^{(n)}(x)}{n!}\right\}$, $n = 0, 1, 2, \ldots$, sorozat totálisan monoton, akkor ez a sorozat totálisan monoton az egész $-\infty < x < 0$ negatív tengelyen is, amelyre ez esetben $f(x)$ analytikailag folytatható. Utalok itt PÓLYA egy cikkére [PÓLYA 9], amelyben totálisan monotón együtthatósorozattal bíró hatványsorokra vonatkozólag figyelemreméltó tételeket találhatunk.

e szerint a mértani sor ν-edrendű részletösszegeinek, az $s_0^{(\nu)}(x)$, $s_1^{(\nu)}(x), \ldots$ polinomoknak generátorfüggvénye

$$\frac{1}{(1-z)^{\nu+1}} \frac{1}{1-xz} = \sum_{n=0}^{\infty} s_n^{(\nu)}(x) z^n. \tag{5}$$

Ha most az (5) alatti egyenlet mindkét oldalát x szerint ν-ször deriváljuk, kapjuk

$$\frac{\nu ! z^{\nu}}{(1-z)^{\nu+1}(1-xz)^{\nu+1}} = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{d^{\nu}}{dx^{\nu}} s_n^{(\nu)}(x) . z^n. \tag{6}$$

Minthogy $\frac{d^{\nu}}{dx^{\nu}} s_n^{(\nu)}(x)$ az $n = 0, 1, 2, \ldots (\nu - 1)$ értékekre azonosan eltűnik, e szerint, ha a (6) egyenlet mindkét oldalát z^{ν}-vel osztjuk:

$$\frac{\nu !}{\big((1-z)(1-xz)\big)^{\nu+1}} = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{d^{\nu}}{dx^{\nu}} s_{\nu+n}^{(\nu)}(x) . z^n. \tag{7}$$

Mármost legyen *először is*: $0 < x < 1$. Minthogy az

$$(1-z)^{-1} = \sum_{n=0}^{\infty} z^n \quad \text{és az} \quad (1-xz)^{-1} = \sum_{n=0}^{\infty} x^n z^n$$

kifejtések minden együtthatója pozitív, e szerint (7) azt a triviális eredményt szolgáltatja, hogy $\frac{d^{\nu}}{dx^{\nu}} s_{\nu+n}^{(\nu)}(x) > 0$, ha $n = 0, 1, 2, \ldots$; $0 < x < 1$. Legyen *másodszor* $-1 < x < 0$. Minthogy $(1-z)(1-xz) = 1 - \big((1+x)z - xz^2\big)$, és minthogy itt a z, illetőleg a z^2 együtthatói: $(1+x)$, illetőleg $(-x)$ *pozitív* számok (amelyeknek összege különben 1-gyel egyenlő), e szerint az $\big(1 - [(1+x)z - xz^2]\big)^{-1}$-nek, és így tehát az $\big(1 - [(1+x)z - xz^2]\big)^{-(\nu+1)}$-nek is a z nemnegatív egész hatványai szerint való kifejtésében az összes együtthatók *pozitívok*. E szerint a következő eredményhez jutottam:

$$\frac{d^{\nu}}{dx^{\nu}} s_n^{(\nu)}(x) \geqq 0, \tag{8}$$

ha

$$n = 0, 1, 2, \ldots; \quad -1 < x < 1.$$

Ha mármost $\mu > \nu$ akkor (3) alapján nyerjük:

$$\frac{d^\nu}{dx^\nu} s_n^{(\mu)}(x) \geqq 0.$$

Tehát a következő tételhez jutottunk:

Ha μ nemnegatív egészszámot jelent és ha $s_n^{(\mu)}(x)$ jelöli az

$$1 + x + x^2 + \cdots + x^n + \cdots$$

geometriai sor μ-edrendű és n indexü részletösszegét, akkor

$$\frac{d^\nu}{dx^\nu} s_n^{(\mu)}(x) \geqq 0, \tag{9}$$

ha

$$n = 0, 1, 2, \ldots; \quad -1 < x < 1,$$

és

$$\nu = 0, 1, 2, \ldots \mu.$$

(Részletesebben: ha $n=0, 1, 2, \ldots (\nu-1)$, akkor $\frac{d^\nu}{dx^\nu} s_n^{(\mu)}(x) \equiv 0$, ha pedig $n = \nu, \nu+1, \nu+2, \ldots$, akkor ez a differenciálhányados pozitív az egész $-1 < x \leqq 1$ közben.)

3. 1. Megjegyzés. Minthogy

$$S_n^{(\mu)}(x) = \frac{s_n^{(\mu)}(x)}{\binom{n+\mu}{\mu}}, \quad n = 0, 1, 2, \ldots,$$

az $1+x+x^2+\cdots$ geometriai sor μ-edrendű CESÀRO-féle közepei, tehát ezekre is érvényes a (9) alatti egyenlőtlenség. E szerint kapjuk, hogy a geometriai sor részletösszegei a $-1 < x < 1$ közben pozitívok, hogy elsőrendű számtani közepei a $-1 < x < 1$ közben pozitívok és monoton növekedőek, hogy másodrendű közepei a $-1 < x < 1$ közben pozitívok, monoton növekedőek és alulról konvexek, s. i. t. Minél *nagyobb* tehát az $S_n^{(\mu)}(x)$ CESÀRO-féle közép μ rendszáma, annál *több* differenciálhányadosa pozitív a $-1 < x < +1$ közben. Az $\frac{1}{1-x}$ *határ*függvénynek *összes* differenciálhányadosai pozitívok a $-1 < x < 1$ közben.

2. Megjegyzés. A

$$\frac{\nu!}{(1 - [(1+x)z - xz^2])^{\nu+1}} \tag{10}$$

generátorfüggvénynek z nemnegatív egész hatványai szerint való kifejtése (amely az $(1-u)^{-(\nu+1)}$ binomiális sorral könnyen eszközölhető) érdekes kifejezést ad $\frac{d^\nu}{dx^\nu} s_n^{(\nu)}(x)$ számára. Ekkor e differenciálhányados mint az $(1+x)$ és $(-x)$ argumentumok polinomja, vagyis, ha x helyébe $(-\xi)$-t írunk, mint a ξ és $1-\xi$ argumentumok polinomja jelentkezik. Ez explicit kifejezés közlését azonban mellőzöm e helyen, mert dolgozatomban nincs rá szükségem.

4. Mármost legyen egyelőre

$$f(x) = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + \cdots + a_n x^n + \cdots$$

egy tetszőleges hatványsor, amelynek összetartási sugara *nagyobb* 1-*nél*. Minthogy most a_n a végtelenbe növő n indexszel oly gyorsan tart a zérushoz, hogy még $n^p a_n \to 0$ is érvényes, bármilyen nagy is legyen a p-szám, e szerint a $(k+1)$-szeres ABEL-féle átalakítás $f(x)$ számára a következő kifejtést[10] adja:

$$f(x) = \sum_{n=0}^{\infty} \Delta^{(k+1)} a_n s_n^{(k)}(x). \tag{11}$$

Itt $\Delta^{(k+1)} a_n$ jelöli az a_n együttható $(k+1)$-edrendű *differenciáját*, $s_n^{(k)}(x)$ pedig az $1+x+x^2+\cdots$ geometriai sor k-adrendű *részletösszegét* jelenti. A k minden nemnegatív egészszámú értékéhez tartozik az $f(x)$ egy (11) alakú kifejtése. Mi az $f(x)$ függvényt kifejtettük az $1+x+x^2+\cdots$ geometriai haladvány $s_n^{(k)}(x)$ k-adrendű részletösszegei szerint, vagyis az

$$s_n^{(k)}(x) = \binom{k+n}{k} + \binom{k+n-1}{k} x + \binom{k+n-2}{k} x^2 + \cdots + \binom{k}{k} x^n \tag{12}$$

polinomok szerint; e kifejtés a $-1 \leqq x \leqq 1$ közben (sőt az x komplex számsík $|x| \leqq 1$ körében is) összes differenciálhányado-

---

[10] Legtöbbször a *fordított* ABEL-féle átalakítás

$$f(x) = \sum_{n=0}^{\infty} \Delta^{(k+1)} x^n \cdot s_n^{(k)} = (1-x)^{k+1} \sum_{n=0}^{\infty} s_n^{(k)} \cdot x^n$$

használatos; itt $s_n^{(k)}$ a $\sum_{n=0}^{\infty} a_n$ sor k-adrendű részletösszegeit jelöli. *Ebből* az átalakításból adódnak ABEL, FROBENIUS, HÖLDER, CESÀRO hatványsortételei.

EGYETEMI KÖNYVTÁR FOLYÓIRATOK SZEGED

saival együtt egyenletesen összetartó, éppúgy, mint a $\sum_{n=0}^{\infty} a_n x^n$ hatványsor maga. E szerint a ν minden nemnegatív egészszámú értékére

$$f^{(\nu)}(x) \equiv \frac{d^\nu f(x)}{dx^\nu} = \sum_{n=0}^{\infty} \Delta^{(k+1)} a_n \cdot \frac{d^\nu}{dx^\nu} s_n^{(k)}(x). \tag{13}$$

E szerint, tekintettel a geometriai haladvány $s_n^{(k)}(x)$ részletösszegeire előbb bebizonyított lemmánkra,

$$\frac{d^\nu f(x)}{dx^\nu} \geqq 0, \tag{14}$$
$$\nu = 0, 1, 2, \ldots, k; \quad -1 \leqq x \leqq 1,$$

föltéve, hogy a $\Delta^{(k+1)} a_n$, $n=0, 1, 2, \ldots$, sorozat nemnegatív.

5. Az általános eset az imént elintézettre vezethető vissza. Ha ugyanis most $a_0, a_1, a_2, \ldots$ egy tetszőleges, $(k+1)$-szeresen monoton végtelen sorozat, vagyis

$$\Delta^{(p)} a_n \geqq 0, \tag{15}$$
$$p = 0, 1, 2, \ldots (k+1); \quad n = 0, 1, 2, 3, \ldots,$$

akkor, mint ismeretes, $a_0, a_1 r, a_2 r^2, \ldots, a_n r^n, \ldots$ is $(k+1)$-szeresen monoton, ha r a $0<r<1$ számköz valamely rögzített értékét jelöli. E szerint az

$$f(rx) = a_0 + a_1 r.x + a_2 r^2.x^2 + \cdots + a_n r^n.x^n + \cdots \tag{16}$$

hatványsor eleget tesz előbb tárgyalt speciális esetünk föltételeinek; tehát

$$\frac{d^\nu}{dx^\nu} f(rx) = r^\nu f^{(\nu)}(rx) \geqq 0,$$

vagyis $f^{(\nu)}(rx) \geqq 0$, ha $\nu = 0, 1, 2, \ldots, k$; $-1 \leqq x \leqq 1$, vagyis $f^{(\nu)}(x) \geqq 0$, ha $\nu = 0, 1, \ldots, k$; $-r \leqq x \leqq r$. De az utóbbi egyenlőtlenség minden 1-nél kisebb pozitív r-re érvényes. Tehát végre

$$f^{(\nu)}(x) \geqq 0, \tag{17}$$

ha

$$\nu = 0, 1, \ldots, k; \quad -1 < x < 1,$$

és így az V. tételt bebizonyítottuk.

6. **Második bizonyítás.** Az első bizonyítás azt mutatja,

hogy miképpen függ össze az V. tétel a geometriai haladvány magasabbrendű részletösszegeinek egy elemi tulajdonságával. A második, itt következő bizonyítás (amely különben az elsővel rokon) rövidebb (és bizonyos tárgyi előnyei is vannak).

Ha

$$f(x) = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + \cdots + a_n x^n + \cdots = \sum_{n=0}^{\infty} a_n x^n \qquad (18)$$

egy tetszőleges, a $-1 < x < 1$ közben összetartó hatványsor, akkor ugyanezen közben

$$f^{(k)}(x) = \sum_{n=0}^{\infty} (n+1)(n+2)\ldots(n+k)\, a_{n+k} x^n \qquad (19)$$

érvényes. Minthogy az V. tétel x pozitív értékeire triviális, $(-x)$-et írok x helyébe, ahol x a $0 < x < 1$ egyenlőtlenséget elégíti ki; így nyerjük:

$$f^{(k)}(-x) = \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n (n+1)(n+2)\ldots(n+k)\, a_{n+k} x^n. \qquad (20)$$

Jelöljük most $\sigma_n^{(k)}$-val a

$$\sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n (n+1)(n+2)\ldots(n+k) = 1.2.\cdots k - 2.3.\cdots(k+1) + \cdots \qquad (21)$$

numerikus sor k-adrendű és n indexű részletösszegét; akkor a $(k+1)$-szeres ABEL-féle átalakítás a (20) alatti egyenletből a következőt szolgáltatja:

$$f^{(k)}(-x) = \sum_{n=0}^{\infty} \Delta^{(k+1)}(a_{n+k} x^n).\sigma_n^{(k)}. \qquad (22)$$

Mármost megmutatom, hogy a $\{\sigma_n^{(k)}\}$, $n = 0, 1, 2, \ldots$, numerikus sorozat *nemnegatív*. Ha ugyanis a (18) alatti egyenletbe $a_0 = a_1 = \cdots = a_n = \cdots = 1$-et írunk, nyerjük a (20)-ból a következőt:

$$\frac{k!}{(1+x)^{k+1}} = \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n (n+1)(n+2)\ldots(n+k)\, x^n, \qquad (23)$$

és így:

$$\frac{1}{(1-x)^{k+1}} \cdot \frac{k!}{(1+x)^{k+1}} = \frac{k!}{(1-x^2)^{k+1}} = \sum_{n=0}^{\infty} \sigma_n^{(k)} x^n, \qquad (24)$$

amely egyenletből a $\{\sigma_n^{(k)}\}$ sorozat nemnegatív volta nyilvánvaló.

Tegyük fel most, hogy az $\{a_n\}$ együtthatósorozat, $n=0,1,2,\ldots$, $(k+1)$-szeresen monoton; akkor az $\{a_{n+k}\}$ sorozat, tehát az $\{a_{n+k}x^n\}$ sorozat is $(k+1)$-szeresen monoton; tehát $\Delta^{(k+1)}(a_{n+k}x^n) \geqq 0$, ha $n=0, 1, 2,\ldots$. A (22) alatti átalakításból most már következik, hogy $f(x) \geqq 0$, $f'(x) \geqq 0,\ldots, f^{(k)}(x) \geqq 0$, ha $-1<x<0$, amivel az V. számú tétel ismét bizonyítva van.

7. Az V. tételt most alkalmazni fogjuk olyan $\sum_{n=0}^{\infty} a_n x^n$ hatványsorra, melynek $\{a_n\}$ együtthatósorozata *egyszeresen* monoton, (vagyis nemnegatív és monoton fogyó). A következő lemmára lesz szükségünk:

Ha az $\{a_n\}$ *sorozat egyszeresen monoton, vagyis* $a_n \geqq 0$, $a_n \geqq a_{n+1}$, $n=0, 1, 2,\ldots$, *akkor az* $\{a_n r^n\}$ *sorozat* k*-szorosan monoton, ha* $0 \leqq r \leqq \frac{1}{k}$.

Bizonyítás. Minthogy

$$\Delta^{(\nu)}(a_n r^n) =$$

$$= a_n r^n - \binom{\nu}{1} a_{n+1} r^{n+1} + \binom{\nu}{2} a_{n+2} r^{n+2} - \cdots + (-1)^\nu a_{n+\nu} r^{n+\nu} =$$

$$= r^n \left\{ a_n - \binom{\nu}{1} a_{n+1} r + \binom{\nu}{2} a_{n+2} r^2 - \cdots + (-1)^\nu a_{n+\nu} r^\nu \right\}, \tag{25}$$

tehát ha r a $0 \leqq r \leqq \frac{1}{\nu}$ közben van, vagyis $r = \frac{\theta}{\nu}$ alakú $(0 \leqq \theta \leqq 1)$, akkor

$$\Delta^{(\nu)}(a_n r^n) = r^n \left\{ a_n - \frac{\nu}{\nu} a_{n+1}\theta + \frac{1}{1.2} \frac{\nu(\nu-1)}{\nu.\nu} a_{n+2}\theta^2 - \right.$$

$$- \frac{1}{1.2.3} \frac{\nu(\nu-1)(\nu-2)}{\nu.\nu.\nu} a_{n+3}\theta^3 + \cdots +$$

$$\left. + (-1)^\nu . \frac{1}{1.2.\ldots.\nu} \frac{\nu(\nu-1)\ldots 1}{\nu.\nu.\ldots.\nu} a_{n+\nu}\theta^\nu \right\}.$$

Minthogy a zárójelben lévő $(\nu+1)$ összeadandó abszolút értéke folyton fogy, és minthogy az előjelek váltakoznak, tehát valóban $\Delta^{(\nu)}(a_n r^n) \geqq 0$, ha $n=0, 1, 2,\ldots$; $0 \leqq r \leqq \frac{1}{\nu}$. Ha ezt az eredményt $\nu = 0, 1, 2,\ldots$ k-ra alkalmazzuk, megkapjuk lemmánkat.

Legyen most már $f(x)=\sum_{n=0}^{\infty} a_n x^n$ egy tetszőleges hatványsor egyszeresen monoton együtthatósorozattal. Ha r jelenti a $0<r<\frac{1}{k+1}$ számköz egy rögzített számát, akkor lemmánk szerint az $f(rx)=\sum_{n=0}^{\infty} a_n r^n . x^n$ hatványsor $\{a_n r^n\}$ együtthatósorozata $(k+1)$-szeresen monoton. De akkor az V. tétel szerint

$$\frac{d^\nu}{dx^\nu} f(rx) = r^\nu f^{(\nu)}(rx) \geqq 0,$$

ha

$$\nu = 0, 1, 2, \ldots, k; \quad -1<x<1,$$

tehát

$$f^{(\nu)}(x) \geqq 0,$$

ha

$$\nu = 0, 1, 2, \ldots, k; \quad -\frac{1}{k+1} < x < \frac{1}{k+1}.$$

Minthogy végre az $\{a_n\}$ sorozat nemnegatív és így $f^{(\nu)}(x) \geqq 0$, ha $0 \leqq x < 1$, a ν minden értékére, tehát a következő tételhez jutottunk:

VI. tétel. *Ha az*

$$f(x) = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + \cdots + a_n x^n + \cdots \tag{26}$$

hatványsorban az együtthatósorozat nemnegatív és monoton fogyó, vagyis $a_n \geqq 0$, $a_n \geqq a_{n+1}$, $n = 0, 1, 2, \ldots$, *akkor a* k *minden nemnegatív egészszámú értékére*

$$f^{(k)}(x) \geqq 0, \quad ha \quad -\frac{1}{k+1} < x < 1, \tag{27}$$

érvényes.

8. 1. Megjegyzés. Látjuk, hogy ha valamely hatványsor együtthatósorozata egyszeresen monoton, akkor összege a $-1<x<1$ közben pozitív, a $-\frac{1}{2}<x<1$ közben monoton növekedő, a $-\frac{1}{3}<x<1$ közben alulról konvex, s. í. t.

2. Megjegyzés. A VI. számú tétel bizonyos értelemben nem élesíthető. Valóban az

$$f(x) = 1 + x + x^2 + \cdots + x^k + x^{k+1} + 0.x^{k+1} + 0.x^{k+2} + \cdots$$

sorra

$$f^{(k)}(x) = k! + (k+1)!\, x = k!\,(1+(k+1)x),$$

és $f^{(k)}(x)$ az egész $-1<x<-\frac{1}{k+1}$ közben *negatív*.

3. Megjegyzés. Az imént láttuk, hogy, ha az $f(x) = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \cdots$ hatványsorban az $\{a_n\}$ együtthatósorozat egyszeresen monoton, akkor $f(x)$ a $-1<x<1$ közben pozitív, a $-\frac{1}{2}<x<1$ közben monoton növekedő. Ezzel a tétellel összefér, hogy $f(x)$-nek a $-1<x<-\frac{1}{2}$ közben akárhány maximuma és minimuma legyen. Találtam is egy $f(x)$-et (amely egyébként 5-ödfokú racionális egész függvény), amelynek a $-1<x<-\frac{1}{2}$ közben egy maximuma és egy minimuma van. De nem sikerült olyan $f(x) = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \cdots$ hatványsort találnom, amelynek együtthatói nemnegatívok és monoton fogynak, és amelynek a $-1<x<-\frac{1}{2}$ közben *végtelen sok* maximuma és minimuma van. (Ha ilyen $f(x)$ létezik, akkor a maximum- és minimumhelyeknek természetesen a -1 ponthoz kell sűrűsödniök.)

2. §. Többszörösen monoton együtthatósorozattal bíró hatványsor transzformáltjairól.

1. Avégből, hogy egy valós együtthatójú

$$f(z) = \sum_{n=0}^{\infty} a_n z^n \tag{1}$$

hatványsort a (-1)-től $(+1)$-ig terjedő számközben vizsgálhassunk, bevezettük e hatványsor «transzformált sorait»:

$$\sum_{n=0}^{\infty} \Delta^{(\nu)} a_n \cdot s_n^{(\nu-1)}(z), \qquad (\nu=1,2,3,\ldots), \tag{2}$$

ahol a $\{\Delta^{(\nu)} a_n\}$ sorozat az $\{a_n\}$ sorozat ν-edrendű differenciasorozata, az $\{s_n^{(\nu-1)}(z)\}$ pedig az $1+z+z^2+\cdots+z^n+\cdots$ geometriai sor $(\nu-1)$-edrendű részletösszegeinek a sorozata. Jelöljük a (2) alatti sort, az (1) alatti hatványsor ν-edik transzformáltját, $T_\nu(z)$-vel $(\nu = 1, 2, 3, \ldots;\ T_0(z) = f(z))$. Részletesebben:

$$\text{(I)}\quad T_1(z)=\sum_{n=0}^{\infty}(a_n-a_{n+1})\,(1+z+\cdots+z^n),$$

$$\text{(II)}\quad T_2(z)=\sum_{n=0}^{\infty}(a_n-2a_{n+1}+a_{n+2})\,(n+1+nz+\cdots+z^n),$$

$$\text{(III)}\quad T_3(z)=\sum_{n=0}^{\infty}(a_n-3a_{n+1}+3a_{n+2}-a_{n+3})\left(\binom{n+2}{2}+\binom{n+1}{2}z+\cdots+z^n\right),$$

$$\text{(IV)}\quad T_4(z)=\sum_{n=0}^{\infty}(a_n-4a_{n+1}+6a_{n+2}-4a_{n+3}+a_{n+4})\left(\binom{n+3}{3}+\binom{n+2}{3}z+\cdots+z^n\right),$$

. . . . . .

Az 1. §-ban említettük, hogy a $T_\nu(z)$ sorok ($\nu=1, 2, 3,\ldots$), összes deriváltjaikkal együtt, egyenletesen konvergálnak a $|z|\leqq 1$ körben, ha az (1) alatti hatványsor összetartási sugara *nagyobb mint* 1, és hogy továbbá az összes transzformált sorok összege $f(z)$.

Legyen szabad itt pusztán megemlítenem a következő tételt, amelynek bebizonyítása részben a k-szoros ABEL-féle átalakítás

$$\sum_{\nu=0}^{n}a_\nu u_\nu=\sum_{\nu=0}^{n-k}\Delta^{(k)}a_\nu . s_\nu^{(k-1)}+\sum_{\nu=n-k+1}^{n}\Delta^{(n-\nu)}a_\nu . s_\nu^{(n-\nu)}$$

formulájának felhasználásával, részben ANDERSEN-nek és KNOPP-nak [7] a többszörösen monoton sorozatok magasabbrendű differenciáinak végtelen kicsinnyé válásának rendjére vonatkozó tételével könnyen eszközölhető:

VII. tétel. *Ha az* $f(z)=\sum_{n=0}^{\infty}a_nz^n$ *hatványsor* $\{a_n\}$ *együtthatósorozata* k*-szorosan monoton, ha továbbá* $\lim_{n=\infty}a_n=0$, *akkor a* $\sum_{n=0}^{\infty}a_nz^n$ *hatványsor* $T_1(z)$, $T_2(z),\ldots,$ $T_k(z)$ *transzformáltjaival együtt a* $|z|<1$ *körben konvergens (sőt* $|z|\leqq\varrho<1$*-re egyenletesen konvergens). Továbbá*

$$f(z)=T_\nu(z)=\sum_{n=0}^{\infty}\Delta^{(\nu)}a_n . s_n^{(\nu-1)}(z), \qquad (3)$$

$\nu=1, 2,\ldots, k\,;\ |z|<1.$

Általánosabban: ha $\lim a_n=a$, *akkor*

$$f(z)=\frac{a}{1-z}+T_\nu(z)=\frac{a}{1-z}+\sum_{n=0}^{\infty}\Delta^{(\nu)}a_n . s_n^{(\nu-1)}(z), \qquad (4)$$

$\nu=1, 2,\ldots, k\,;\ |z|<1.$

2. Először a $T_4(z)$ transzformálttal fogok foglalkozni. Kimutattam (l. pl. FEJÉR [2]), hogy a geometriai sornak itt föllépő $s_n^{(3)}(z)$ harmadrendű részletösszegei, vagyis az

$$s_n^{(3)}(z) = \binom{n+3}{3} + \binom{n+2}{3} z + \cdots + z^n, \qquad n = 1, 2, 3, \ldots$$

polinomok, *egyrétűek* a $|z| \leqq 1$ körben; továbbá valós részük *monoton fogy* $\left(\text{mint az } \frac{1}{1-z} \text{ valós része}\right)$, ha z a $z = re^{i\theta}$ $(0 \leqq \theta \leqq \pi$; r rögzített és $0 < r \leqq 1)$ felső félkört, növekedő θ-val, befutja. Ha általában $\varphi_1(z)$ egy a $|z| < 1$ körben reguláris és ilyen tulajdonságú függvény valós együtthatókkal (vagyis amelynek valós része az imént említett monotonitási tulajdonsággal bír és amely — mint könnyen belátható — ennek folytán $|z| < 1$-re egyrétű) és $\varphi_2(z)$ egy második, akkor nyilván $\varphi_1(z) + \varphi_2(z)$, sőt $c_1\varphi_1(z) + c_2\varphi_2(z)$ is ehhez a függvényosztályhoz tartozik (ha $c_1 \geqq 0$, $c_2 \geqq 0$). Csak azt az esetet kell kizárnunk, amikor $c_1\varphi_1(z) + c_2\varphi_2(z) \equiv$ állandó. Mármost egyrészt abból a tényből, hogy a $\varphi(z)$ függvények a $|z| < 1$-re reguláris és egyrétű függvényeknek egy olyan *alosztályát* alkotják, amelyben bármely két, az alosztályhoz tartozó függvény összege is az alosztályhoz tartozik (hacsak az összeg nem azonosan állandó), másrészt pedig az előzőekben az $s_n^{(3)}(z)$ polinomokról mondottakból, a $T_4(z)$ transzformált,

$$\sum_{n=0}^{\infty} a_n z^n = \frac{a}{1-z} + \sum_{n=0}^{\infty} \Delta^{(4)} a_n \cdot s_n^{(3)}(z),$$

fölhasználásával következik, hogy a $\sum_{n=0}^{\infty} a_n z^n$ hatványsor $|z| < 1$-re reguláris és egyrétű, ha $\{a_n\}$ együtthatósorozata *négyszeresen* monoton. Ez a II. számú tétel, amelyet a bevezetésben említettem. Az előzőek alapján azonban még a következő tétel is érvényes:

VIII. tétel. *Ha a valós együtthatókkal bíró* $\sum_{n=0}^{\infty} a_n z^n$ *hatványsor* $\{a_n\}$ *együtthatósorozata négyszeresen monoton, akkor a hatványsor* $|z| < 1$*-re reguláris és egyrétű. Továbbá érvényes* $\sum_{n=0}^{\infty} a_n z^n$*-re a következő,* $|z| < 1$*-re konvergens (sőt* $|z| \leqq \varrho < 1$*-re egyenletesen konvergens) kifejtés:*

$$\sum_{n=0}^{\infty} a_n z^n = \frac{a}{1-z} + \tag{5}$$

$$+ \sum_{n=0}^{\infty} (a_n - 4a_{n+1} + 6a_{n+2} - 4a_{n+3} + a_{n+4}) \left(\binom{n+3}{3} + \binom{n+2}{3} z + \cdots + z^n \right),$$

amely a geometriai sor

$$s_n^{(3)}(z) = \binom{n+3}{3} + \binom{n+2}{3} z + \binom{n+1}{3} z^2 + \cdots + z^n$$

harmadrendű részletösszegei szerint halad. Itt $a = \lim_{n=0} a_n$. *Az* (5) *egyenlet jobboldalán álló kifejtés minden egyes tagja (amennyiben nem azonosan állandó), továbbá minden egyes részletösszege (amennyiben nem azonosan állandó) egyrétű.*

3. Itt említem meg EGERVÁRY két eredményét. Az imént említettük, hogy az

$$s_n^{(3)}(z) = \binom{n+3}{3} + \binom{n+2}{3} z + \binom{n+1}{3} z^2 + \cdots + z^n \tag{6}$$

polinom a z komplex változó síkjának $|z| \leqq 1$ egységkörét a w függvénysíkra *egyrétűen* képezi le és pedig úgy, hogy a $z = re^{i\theta}$ képpontjának abszcisszája *monoton fogy*, ha rögzített és 1-nél kisebb r mellett a θ a 0-tól π-ig nő. EGERVÁRY a $|z| \leqq 1$-nek $w = s_n^{(3)}(z)$ által létesített konform képének egy harmadik érdekes tulajdonságát találta: e kép *konvex*. E szerint a VIII. tételhez még hozzátehetjük azt, hogy az (5) alatti egyenlet jobboldalán álló kifejtés *minden egyes tagja* (amennyiben nem azonosan állandó) a $|z| \leqq 1$ körlemezt egyrétűen a függvénysík egy konvex tartományára képezi le. (Ugyanez érvényes természetesen a (IV) alatti $T_4(z)$ transzformáltra, egész általánosan). Továbbá EGERVÁRY azt is találta, hogy a (II) alatt kiírt $T_2(z)$ transzformáltban szereplő $s_n^{(1)}(z) = n + 1 + nz + \cdots + z^n$ polinomok (vagyis, lényegben, a geometriai sor elsőrendű számtani közepei) *egyrétűek* a $|z| \leqq 1$ egységkörben. Továbbmenő következtetéseket azonban egyelőre (a transzformált sorok alapján) nem lehet e tényekből levonni. Ha ugyanis $f_1(z)$ és $f_2(z)$ $|z| < 1$-re regulárisak és konvexek, akkor $f_1(z) + f_2(z)$-nek nem kell e tulajdonsággal bírnia; ugyanígy, ha $f_1(z)$ és $f_2(z)$ is $|z| < 1$-re

egyrétű, akkor $f_1(z)+f_2(z)$-nek nem kell egyrétűnek lenni $|z|<1$-re. (De igenis egyrétű az $f_1(z)+f_2(z)$ összeg, ha úgy $f_1(z)$, mint $f_2(z)$ az előbb jellemzett φ-alosztályhoz tartozik.)

3. §. Csillagszerűség, konvexitás.

1. Legyen

$$f(z)=c_1z+c_2z^2+\cdots+c_nz^n+\cdots \tag{1}$$

egy hatványsor valós[11] együtthatókkal, melynek összetartási sugara nagyobb 1-nél.[12] Jelölje $u(\theta)$ és $v(\theta)$ az $f(e^{i\theta})$ valós, illetőleg képzetes komponensét, $u'(\theta)$, $v'(\theta)$, $u''(\theta)$, $v''(\theta)$ pedig jelöljék az $u(\theta)$ és $v(\theta)$ első és második deriváltjait, θ szerint. A következő képletek érvényesek:

$$u(\theta)=\sum_{n=1}^{\infty}c_n\cos n\theta,\quad v(\theta)=\sum_{n=1}^{\infty}c_n\sin n\theta \tag{2}$$

$$|f(e^{i\theta})|^2=u^2+v^2=A_0+2\sum_{n=1}^{\infty}A_n\cos n\theta, \tag{3}$$

ahol

$$A_n=\sum_{\nu=1}^{\infty}c_\nu c_{\nu+n};\ n=0,\ 1,\ 2,\ldots,$$

$$\begin{aligned} u'(\theta)&=-\sum_{n=1}^{\infty}nc_n\sin n\theta,\quad v'(\theta)=\sum_{n=1}^{\infty}nc_n\cos n\theta,\\ u''(\theta)&=-\sum_{n=1}^{\infty}n^2c_n\cos n\theta,\ v''(\theta)=-\sum_{n=1}^{\infty}n^2c_n\sin n\theta, \end{aligned} \tag{4}$$

$$2(uv'-u'v)=B_0+2\sum_{n=1}^{\infty}B_n\cos n\theta, \tag{5}$$

---

[11] A most következő képletek komplex c_ν-k esetében is igen egyszerűek.

[12] A mindjárt következő tételek bebizonyításánál, amelyek a $|z|<1$ körben összetartó $f(z)$ hatványsorokra vonatkoznak, mindig $f(rz)$ az a hatványsor, amelynek összetartási köre 1-nél nagyobb; itt r egy 1-nél kisebb, rögzített pozitív számot jelent. Fontos körülmény, hogy $\{c_n\}$-nel együtt $\{c_nr^n\}$ is k-szorosan monoton.

ahol

$$B_n = \sum_{\nu=1}^{\infty} (2\nu+n)\, c_\nu c_{\nu+n};\ n = 0,\ 1,\ 2,\ldots,$$

$$2(u'v'' - u''v') = C_0 + 2\sum_{n=1}^{\infty} C_n \cos n\theta, \tag{6}$$

ahol

$$C_n = \sum_{\nu=1}^{\infty} \nu(\nu+n)(2\nu+n)\, c_\nu c_{\nu+n};\ n = 0,\ 1,\ 2,\ldots\ .$$

2. Legyen a $\{c_n\}$, $n = 1, 2, 3,\ldots$, együtthatósorozat kétszeresen monoton. *Akkor* $v(\theta) > 0$, *ha* $0 < \theta < \pi$ (l. FEJÉR [2]). Legyen $\{c_n\}$ négyszeresen monoton. Akkor az $A_n = \sum_{\nu=1}^{\infty} c_\nu c_{\nu+n}$, $n = 0, 1, 2,\ldots$, képlet tüstént mutatja, hogy a (3) alatti cosinussor $\{A_n\}$ együtthatósorozata is négyszeresen monoton. *Tehát* (l. FEJÉR [2]) $|f(e^{i\theta})|^2 = u^2 + v^2$ *monoton csökkenő a* $0 \leqq \theta \leqq \pi$ *közben.*[13] A most megállapított két tényből újra következik tételem, amely szerint $\sum_{n=1}^{\infty} c_n z^n$ egyrétű a $|z| < 1$ körben, ha a $\{c_n\}$ sorozat négyszeresen monoton.

3. Legyen a $\{pc_p\}$, $p = 1, 2, 3,\ldots$, sorozat kétszeresen monoton; akkor a $\{c_p\}$ sorozat is kétszeresen monoton, tehát $v(\theta) > 0$, ha $0 < \theta < \pi$. Minthogy $(2\nu+n)\, c_\nu c_{\nu+n} = \nu c_\nu \cdot (c_{\nu+n}) + c_\nu \cdot \big((\nu+n)\, c_{\nu+n}\big)$, tehát az (5) alatti képletből egy csapásra következik, hogy a $\{B_n\}$ sorozat, vagyis a $2(uv' - u'v)$ cosinussorának együtthatósorozata, kétszeresen monoton. Tehát (l. FEJÉR [2]) $uv' - u'v \geqq 0$, minden valós θ-ra. A hangoztatott két megállapításból tüstént következik a

IX. tétel. *Ha a* $\sum_{n=1}^{\infty} c_n z^n$ *hatványsorra nézve az* $\{nc_n\}$, $n = 1, 2, 3,\ldots$, *sorozat kétszeresen monoton, akkor az a* $|z| < 1$ *egységkörről a függvénysíkban olyan képet létesít, amely egyrétű és egyben a függvénysík zéruspontjára nézve csillagszerű.*

Ugyanígy következik a (6) alatti képletből a

[13] Ez a *körképek* egy új tulajdonsága. Itt megemlítem, hogy a többszörösen monoton együtthatósorozattal bíró $c_1 z + c_2 z^2 + \cdots + c_n z^n + \cdots$ hatványsorok által létesített *sugárképek* (az egységkör sugarainak a képei) is említésreméltó különös tulajdonságokat mutatnak. Ez esetben u, v, u', v', u'', v'' helyett u, v, $\dot{u}$, $\dot{v}$, $\ddot{u}$, $\ddot{v}$ szerepelnek, ahol a pont r-szerinti differenciálást jelent. E tárgyra másutt szándékozom visszatérni.

X. tétel. *Ha a* $\sum_{n=1}^{\infty} c_n z^n$ *hatványsorra nézve az* $\{n^2 c_n\}$, $n = 1, 2, 3, \ldots$, *sorozat kétszeresen monoton, akkor az általa a* $|z| < 1$ *egységkörről a függvénysíkban létesített konform kép egyrétű és konvex.*

4. §. A maradékok sorozata.

1. Legyen ismét

$$f(z) = c_0 + c_1 z + \cdots = \sum_{\nu=0}^{\infty} c_\nu z^\nu \tag{1}$$

egy valós együtthatójú hatványsor, melynek összetartási sugara > 1. Jelölje

$$R_n(z) = c_n z^n + c_{n+1} z^{n+1} + \cdots = z^n \sum_{\nu=0}^{\infty} c_{\nu+n} z^\nu, \tag{2}$$
$$n = 0, 1, 2, \ldots,$$

az n-edik maradéksort. Az $f(z)$-re az

$$|f(e^{i\vartheta})|^2 = A_0 + 2\sum_{\mu=0}^{\infty} A_\mu \cos \mu\vartheta, \quad A_\mu = \sum_{\lambda=0}^{\infty} c_\lambda c_{\lambda+\mu}; \quad \mu = 0, 1, 2, \ldots \tag{3}$$

képlet érvényes.

Ha most a (3) alatti képletet a $\sum_{\nu=0}^{\infty} c_{\nu+n} z^\nu$ sorra alkalmazzuk, akkor $|R_n(e^{i\vartheta})|^2$ számára a következő cosinussort kapjuk:

$$|R_n(e^{i\vartheta})|^2 = A_0^{(n)} + 2\sum_{\mu=1}^{\infty} A_\mu^{(n)} \cos \mu\vartheta, \tag{4}$$

ahol

$$A_\mu^{(n)} = \sum_{\lambda=0}^{\infty} c_{\lambda+n} c_{\lambda+n+\mu}; \quad \mu = 0, 1, 2, \ldots . \tag{5}$$

Ebből

$$\begin{aligned} \Delta |R_n(e^{i\vartheta})|^2 &= |R_n(e^{i\vartheta})|^2 - |R_{n+1}(e^{i\vartheta})|^2 = \\ &= A_0^{(n)} - A_0^{(n+1)} + 2\sum_{\mu=1}^{\infty} (A_\mu^{(n)} - A_\mu^{(n+1)}) \cos \mu\vartheta. \end{aligned} \tag{6}$$

De (5) alapján

$$A_\mu^{(n)} - A_\mu^{(n+1)} = \sum_{\lambda=0}^{\infty} c_{\lambda+n} c_{\lambda+n+\mu} - \sum_{\lambda=0}^{\infty} c_{\lambda+n+1} c_{\lambda+n+\mu+1} = c_n c_{n+\mu}, \tag{7}$$

és így a fontos (3) alatti képletből egészen természetesen jutottunk a

$$\Delta^{(1)} |R_n(e^{i\theta})|^2 = c_n^2 + 2\sum_{\mu=1}^{\infty} c_n c_{n+\mu} \cos \mu\theta \tag{8}$$

formulához, amelyből (l. Fejér—Szegő [5]) könnyen következik a

XI. tétel. *Ha az* $f(z) = \sum_{n=0}^{\infty} c_n z^n$ *hatványsorban a* $\{c_n\}$, $n=0, 1, 2, \ldots$, *együtthatósorozat* $(k+1)$*-szeresen monoton, akkor a hatványsor* $|z|<1$*-re összetartó; ha* $s_n(z)$, $n=0, 1, 2, \ldots$, *jelölik a hatványsor közönséges részletösszegeit, akkor az*

$$|f(z)|^2, |f(z)-s_0(z)|^2, |f(z)-s_1(z)|^2, \ldots, |f(z)-s_n(z)|^2, \ldots \tag{9}$$

sorozat az egész $|z| \leqq 1$ *egységkörben*[14] k*-szorosan*[15] *monoton.* (Az egységkör $z=1$ pontjára az állítás nem vonatkozik).

2. Tekintsük speciálisan a $z=-1$ helyet. Ha még föltesszük, hogy $\lim_{n=\infty} c_n = 0$, akkor a

$$c_0 - c_1 + c_2 - c_3 + \cdots \tag{10}$$

sor összetartó, és a XI. tételből e sorra nézve azt olvassuk ki, hogy e sor maradékai négyzetre emelve k-szorosan monoton sorozatot alkotnak, ha a $\{c_n\}$ sorozat $(k+1)$-szeresen monoton. Ezt az eredményt Jacobsthal [6] és Knopp [8] találták; még ennél többet is bebizonyítottak, például azt, hogy már a maradékok abszolút értékének sorozata k-szorosan monoton (amiből ugyanez a négyzetekre már következik).

E szerint a XI. tétel bizonyos értelemben a $z=-1$ pontra vonatkozó Jacobsthal—Knopp-féle tételnek kiterjesztése az egész $|z| \leqq 1$ *körlapra.*

3. Néhány szót a következő kérdésről: milyen viszonyban van a $c_n z^n + c_{n+1} z^{n+1} + \cdots$ *maradék* a $c_n z^n$ «*első elhanyagolt tag*»-

---

[14] Ha $z = e^{i\theta}$, úgy $f(z) = f(e^{i\theta})$ alatt a $\lim_{r=1-0} f(re^{i\theta})$ értéket értjük. Ez ($\theta = 0$ esetleges kivételével) minden θ-ra létezik, ha a $\{c_n\}$ együtthatósorozat egyszeresen monoton.

[15] Ha $k=1$ (vagyis $k+1=2$), akkor e tétel azonos Szegő-nek a bevezetésben említett tételével.

hoz? Szorítkozzunk itt arra az esetre, amidőn $\{c_n\}$, $n=0, 1, 2,\ldots$, totálisan monoton. Ekkor HAUSDORFF tétele alapján

$$c_n z^n = \int_0^1 t^n z^n d\varphi(t), \tag{11}$$

$$\sum_{\nu=n}^{\infty} c_\nu z^\nu = R_n(z) = \int_0^1 \frac{t^n z^n}{1-tz}\, d\varphi(t), \tag{12}$$

tehát

$$\frac{R_n(z)}{c_n z^n} = \frac{\int_0^1 \frac{t^n}{1-tz}\, d\varphi(t)}{\int_0^1 t^n d\varphi(t)}, \tag{13}$$

$$n = 0, 1, 2,\ldots; \quad |z| < 1, \quad z \neq 0.$$

Tegyük fel most már, hogy z a $|z|<1$ egységkör *baloldali felében* van, vagyis $z = re^{i\theta}$, $0<r<1$, $\frac{\pi}{2} \leqq \theta \leqq 3\frac{\pi}{2}$. E félkörben nyilván $|1-tz| \geqq 1$, lévén $0 \leqq t \leqq 1$. Tehát (13) alapján

$$\frac{|R_n(z)|}{|c_n z^n|} \leqq \frac{\int_0^1 t^n d\varphi(t)}{\int_0^1 t^n d\varphi(t)} = 1. \tag{14}$$

A következő tételhez jutottunk.

XII. tétel. *Ha a* $\sum_{n=0}^{\infty} c_n z^n$ *hatványsorban a* $\{c_n\}$ *együtthatósorozat totálisan monoton, akkor az egységkör baloldali felében* $\left(\text{vagyis ha } z=re^{i\theta}, 0\leqq r<1, \frac{\pi}{2} \leqq \theta \leqq 3\frac{\pi}{2}\right)$ $|c_n z^n + c_{n+1} z^{n+1} + \cdots| \leqq$ $\leqq |c_n z^n|$ *érvényes,* $n=0, 1, 2,\ldots$.

5. §. A hatványsorhoz tartozó Legendre-féle polinomokról.

1. Ha

$$f(z) = a_0 + a_1 z + \cdots + a_n z^n + \cdots \tag{1}$$

egy tetszőleges, valós[16] együtthatójú hatványsor, úgy formális CAUCHY-féle szorzással kapjuk

$$|f(re^{i\theta})|^2 = f(re^{i\theta}) f(re^{-i\theta}) =$$
$$= \sum_{n=0}^{\infty} a_n r^n e^{ni\theta} \cdot \sum_{n=0}^{\infty} a_n r^n e^{-ni\theta} = \sum_{n=0}^{\infty} P_n(\cos\theta) r^n, \tag{2}$$

ahol tehát

$$P_n(\cos\theta) = \sum_{\nu=0}^{n} a_\nu e^{\nu i\theta} \cdot a_{n-\nu} e^{-(n-\nu)i\theta} =$$
$$= \sum_{\nu=0}^{n} a_\nu a_{n-\nu} e^{(2\nu-n)i\theta} = \sum_{\nu=0}^{n} a_\nu a_{n-\nu} \cos(n-2\nu)\theta = \tag{3}$$
$$= 2a_0 a_n \cos n\theta + 2a_1 a_{n-1} \cos(n-2)\theta +$$
$$+ 2a_2 a_{n-2} \cos(n-4)\theta + \cdots.$$

A

$$P_n(\cos\theta) = 2a_0 a_n \cos n\theta + 2a_1 a_{n-1} \cos(n-2)\theta +$$
$$+ 2a_2 a_{n-2} \cos(n-4)\theta + \cdots, \tag{4}$$
$$n = 0, 1, 2, \ldots,$$

képlet által értelmezett cosinuspolinomok végtelen sorozatát az

$$a_0, a_1, a_2, \ldots, a_n, \ldots$$

számsorozathoz tartozó LEGENDRE*-féle polinomsorozatnak nevezem. A* (4) *alatti definíciós-képlethez még hozzá kell tennem, hogy a jobboldalon az utolsó tag* $2a_m a_{m+1} \cos\theta$, *ha* $n=2m+1$, *és* a_m^2, *ha* $n=2m$.

Ha az (1) alatti hatványsornak 0-tól különböző R összetartási sugara van, akkor természetesen az r nemnegatív változó

$$|f(re^{i\theta})|^2 = P_0(\cos\theta) + P_1(\cos\theta) r + \cdots + P_n(\cos\theta) r^n + \cdots \tag{5}$$

---

[16] Ha az $\{a_n\}$ sorozat komplex, akkor $P_n(\cos\theta)$ «vegyes» trigonometrikus polinom.

hatványsora is összetartó, ha $0 \leqq r < R$, és előllítja az $|f(re^{i\theta})|^2$ értéket.[17]

A $P_n(\cos\theta)$ polinomokat azért neveztem általánosított LEGENDRE-féle polinomoknak vagy röviden, LEGENDRE-féle polinomoknak, mert ha $f(z) = (1-z)^{-\frac{1}{2}}$, akkor $P_n(\cos\theta)$ valóban azonos a közönséges LEGENDRE-féle polinommal. Ha $f(z) = (1-z)^{-\varrho}$, (ϱ tetszőleges valós szám), akkor $P_n^{\varrho}(\cos\theta)$ azonos az úgynevezett ultrasphärikus polinommal (ϱ parameterérték mellett).

Minthogy az r

$$P_0(\cos\theta) + P_1(\cos\theta)\, r + \cdots + P_n(\cos\theta)\, r^n + \cdots$$

hatványsorának összege $|f(re^{i\theta})|^2$, ez nyilván nemnegatív. Nem régen bebizonyítottam (FEJÉR [3]), hogy ha az $\{a_n\}$ sorozat totálisan monoton, akkor e hatványsor együttható-sorának, a

$$P_0(\cos\theta) + P_1(\cos\theta) + \cdots + P_n(\cos\theta) + \cdots$$

sornak, összes elsőrendű részletösszegei (tehát összes elsőrendű számtani közepei is) nemnegatívok, ha θ bármely valós számot jelent. Itt be fogom bizonyítani, hogy e tétel a $k = 2$ monotonitási rend mellett is érvényes:

XIII. tétel. *Ha* $P_0(\cos\theta)$, $P_1(\cos\theta), \ldots, P_n(\cos\theta), \ldots$ *jelöli*

---

[17] Egymásmellé állítom az $|f(re^{i\theta})|^2$-nek azt a *két* sorfejtését, amelyet e dolgozatban használtam. Ismét az

$$f(z) = c_0 + c_1 z + \cdots + c_n z^n + \cdots$$

jelölést használva, az *első kifejtés* egy a θ *polárszög* többszörösei szerint haladó végtelen *cosinussor:*

$$|f(re^{i\theta})|^2 = A_0(r) + 2\sum_{n=1}^{\infty} A_n(r)\cos n\theta,$$

ahol

$$A_n(r) = \sum_{\nu=0}^{\infty} c_\nu c_{\nu+n} r^{2\nu+n};\ n = 0, 1, 2, \ldots,$$

a *második kifejtés* pedig az r *radius vector* hatványai szerint haladó *hatványsor:*

$$|f(re^{i\theta})|^2 = \sum_{n=0}^{\infty} P_n(\cos\theta)\, r^n,$$

ahol $P_0(\cos\theta), P_1(\cos\theta), \ldots, P_n(\cos\theta), \ldots$ a $c_0, c_1, \ldots, c_n, \ldots$ számsorozathoz tartozó LEGENDRE-féle polinomok sorozata.

az $a_0, a_1, \ldots, a_n, \ldots$ *számsorozathoz tartozó* LEGENDRE*-féle polinomok sorozatát, akkor a*

$$P_0(\cos\theta) + P_1(\cos\theta) + \ldots + P_n(\cos\theta) + \cdots \tag{6}$$

végtelen sor részletösszegeinek számtani közepei mind nemnegatívok a θ *minden valós értékére, föltéve, hogy az* $a_0, a_1, \ldots, a_n, \ldots$ *számsorozat kétszeresen monoton (vagyis nemnegatív, monoton fogyó és alulról konvex).*[18]

2. *Bizonyítás.* Könnyebb érthetőség kedvéért az első LEGENDRE-polinomokat részletesen fölírom, és pedig a θ fogyó többszörösei szerint rendezve, úgy, amint azok a (4) alatti képletből közvetlenül adódnak.

$$\begin{aligned}
P_0(\cos\theta) &= a_0^2 \\
P_1(\cos\theta) &= 2a_0a_1\cos\theta \\
P_2(\cos\theta) &= 2a_0a_2\cos 2\theta + a_1^2 \\
P_3(\cos\theta) &= 2a_0a_3\cos 3\theta + 2a_1a_2\cos\theta \\
P_4(\cos\theta) &= 2a_0a_4\cos 4\theta + 2a_1a_3\cos 2\theta + a_2^2 \\
&\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots
\end{aligned} \tag{7}$$

Szorozzuk meg itt az első sort $(n+1)$-gyel, a másodikat n-nel, s. i. t. az $(n+1)$-ediket 1-gyel és adjunk össze *oszloponként*. Ha ezt végrehajtjuk, akkor a (6) alatti sor elsőrendű és n indexű részletösszege számára a következő képletet nyerjük:

$$\sum_{\lambda=0}^{n}(n+1-\lambda)\,P_\lambda(\cos\theta) = \sum_{\nu=0}^{\left[\frac{n}{2}\right]} a_\nu \sum_{\mu=0}^{n-2\nu}{}'\big((n-2\nu)+1-\mu\big)\,a_{\nu+\mu}\cos\mu\theta. \tag{8}$$

Vonásos Σ, azaz Σ' alatt értem a következőt:

$$\sum_{q=0}^{s}{}'u_q = u_0 + 2u_1 + 2u_2 + \cdots + 2u_s.$$

---

[18] Ebből következik, hogy az $\dfrac{|f(re^{i\theta})|^2}{(1-r)^2}$ függvény összes r-szerinti deriváltjaival együtt nemnegatív a $0 \leq r < 1$ közben, ha az $f(z) = \sum_{n=0}^{\infty} c_n z^n$ hatványsor $\{c_n\}$ együtthatósorozata kétszeresen monoton.

Tekintsük most már a (8) alatti reláció jobboldalán szereplő vonásos összeget. Minthogy ebben n és ν rögzítettek, tehát az $n-2\nu=m$, $a_{\nu+\mu}=\beta_\mu$ rövidítésekkel élhetek. Akkor Σ'' alakja:

$$\sum_{\mu=0}^{m}{}''(m+1-\mu)\,\beta_\mu \cos \mu\theta = \tag{9}$$
$$= (m+1)\beta_0+m\beta_1.2\cos\theta+(m-1)\beta_2.2\cos 2\theta+\cdots+1.\beta_m.2\cos m\theta.$$

Minthogy $\{a_\mu\}$, $\mu=0, 1, 2,\ldots$, kétszeresen monoton, tehát $\{a_{\nu+\mu}\}$, $\mu=0, 1, 2,\ldots$, is az, vagyis $\{\beta_\mu\}$, $\mu=0, 1, 2,\ldots$, kétszeresen monoton. Ebből azonban még *nem* következik, hogy a

$$\sum_{\mu=0}^{m}{}''\beta_\mu \cos \mu\theta \tag{10}$$

m-edrendű cosinuspolinom nemnegatív a θ minden valós értékére.

$$\left(\text{Pl. ha } \beta_0=\beta_1=\cdots=\beta_m=1, \text{ akkor } \sum_{\mu=0}^{m}{}'\cos\mu\theta = \frac{\sin(2m+1)\frac{\theta}{2}}{\sin\frac{\theta}{2}}\right).$$

De igenis nemnegatív a (9) alatti polinom, a θ minden valós értékére. Minthogy ugyanis az $\{m+1-\mu\}$, $\mu=0, 1, 2,\ldots, m$, véges sorozat nemnegatív, fogyó és alulról konvex (nemkonkáv), e szerint az $\{(m+1-\mu)\beta_\mu\}$, $\mu=0, 1, 2,\ldots, m$, szorzatsorozat is nemnegatív, fogyó és alulról konvex. Legyen röviden $(m+1-\mu)\beta_\mu=\gamma_\mu$. Minthogy $\gamma_{m-1}=2\beta_{m-1}$, $\gamma_m=\beta_m$, tehát, mivel $\beta_{m-1}\geqq\beta_m$,

$$\gamma_{m-1}\geqq 2\gamma_m \tag{11}$$

érvényes.

Minthogy a $\sum_{\mu=0}^{\infty}{}'\cos\mu\theta$ sor $s_n^{(1)}(\theta)$ elsőrendű részletösszegének értéke $\left(\frac{\sin(n+1)\frac{\theta}{2}}{\sin\frac{\theta}{2}}\right)^2$, tehát az nemnegatív, ha $n=0, 1, 2,\ldots$, és minthogy továbbá kétszeres Abel-féle átrendezéssel a

$$\sum_{\mu=0}^{m}{}''(m+1-\mu)\,\beta_\mu\cos\mu\theta = \sum_{\mu=0}^{m}{}'\gamma_\mu\cos\mu\theta = \tag{12}$$
$$= \sum_{k=0}^{m-2}(\Delta^2\gamma_k)\,s_k^{(1)}(\theta)+(\gamma_{m-1}-2\gamma_m)\,s_{m-1}^{(1)}(\theta)+\gamma_m s_m^{(1)}(\theta)$$

alakot kapjuk, e szerint (különös figyelemmel a (11) alatti egyenlőtlenségre) nyerjük, hogy $\sum_{\mu=0}^{m}{}'(m+1-\mu)\beta_\mu \cos \mu\theta$, és így tehát $\sum_{\lambda=0}^{n}(n+1-\lambda)P_\lambda(\cos\theta)$ is nemnegatív, ha $n = 0, 1, 2, \ldots$, és θ bármely valós értéket jelent. Ezzel a XIII. tételt bebizonyítottuk.

Irodalom.

1. J. W. Alexander: Functions which Map the Interior of the Unit circle upon Simple Regions. Annals of Mathematics, Second Series, Vol. 17 (1915—16), pp. 12—22.

2. L. Fejér: Trigonometrische Reihen und Potenzreihen mit mehrfach monotoner Koeffizientenfolge. Transactions of the American Mathematical Society, Vol. 39 (1936), pp. 18—59.

3. L. Fejér: Potenzreihen mit mehrfach monotoner Koeffizientenfolge und ihre Legendre-polynome. Proceedings of the Cambridge Philosophical Society, Vol. XXXI (1935), pp. 307—316.

4. Fejér L.: A hatványsorról és a vele kapcsolatos Legendre-féle többtagúakról, Matematikai és Természettudományi Értesítő, LIV. kötet (1935), 160—176. o.

5. L. Fejér u. G. Szegő: Über die monotone Konvergenz von Potenzreihen mit mehrfach monotoner Koeffizientenfolge. Prace Matematyczno-Fizyczne, XLIV. kötet (1935).

6. E. Jacobsthal: Mittelwertbildung und Reihentransformation. Mathematische Zeitschrift, Bd. 6 (1920), pp. 100—117.

7. K. Knopp: Mehrfach monotone Zahlenfolgen. Mathematische Zeitschrift, Bd. 22 (1925), pp. 75—85.

8. K. Knopp: Mittelwertbildung und Reihentransformation. Mathematische Zeitschrift, Bd. 6 (1920), pp. 118—123.

9. G. Pólya: Application of a theorem connected with the problem of moments. Messenger of Mathematics, no. 660 (April, 1926), pp. 189—192.

(A M. Tud. Akadémia III. osztályának 1936. május 11-én tartott üléséből.)

POTENZREIHEN MIT MEHRFACH MONOTONER KOEFFIZIENTENFOLGE.

Von LEOPOLD FEJÉR o. Mitglied.

Diese speziellen Potenzreihen haben viele Eigenschaften, die bis jetzt unaufgedeckt zu sein scheinen. Ein Teil der in der vorangehenden Arbeit auseinandergesetzten Resultate lautet:

I. Ist in der Potenzreihe $f(z)=\sum_{n=0}^{\infty} c_n z^n$ die Koeffizientenfolge $\{c_n\}$ vierfach monoton, so ist die Potenzreihe für den Einheitskreis $|z|<1$ konvergent und schlicht. Weiter gilt für $f(z)$ die Entwicklung *

$$\sum_{n=0}^{\infty} c_n z^n = \frac{c}{1-z} + \tag{1}$$

$$+\sum_{n=0}^{\infty}(c_n-4c_{n+1}+6c_{n+2}-4c_{n+3}+c_{n+4})\left(\binom{n+3}{3}+\binom{n+2}{3}z+\cdots+z^n\right),$$

$$(c=\lim_{n=\infty} c_n),$$

die für $|z|<1$ konvergent, für $|z|\leqq\varrho<1$ sogar gleichmässig konvergent ist. Jedes Glied, jede Partialsumme (ja sogar jedes lineare Aggregat der Glieder mit nichtnegativen Koeffizienten) der Reihe auf der rechten Seite der Gleichung (1) ist schlicht für $|z|\leqq 1$; die einzelnen Glieder sind, nach EGERVÁRY, sogar konvex für $|z|\leqq 1$. (Identisch konstante Glieder und Aggregate lassen wir ausser Acht).

---

* Das Polynom n-ten Grades $\binom{n+3}{3}+\binom{n+2}{3}z+\binom{n+1}{3}z^2+\cdots+z^n$ ist die Partialsumme dritter Ordnung der geometrischen Reihe $1+z+z^2+\cdots+z^n+\cdots$.

II. Ist in der Potenzreihe $f(z)=\sum_{n=0}^{\infty} c_n z^n$ die Koeffizientenfolge $\{c_n\}$ eine $(k+1)$-fach monotone Folge, so ist die Potenzreihe im Einheitskreise $|z|<1$ konvergent und es gilt im reellen Intervalle $-1<z<1$

$$f(z)\geqq 0,\ f'(z)\geqq 0,\ f''(z)\geqq 0,\ldots,\ f^{(k)}(z)\geqq 0. \tag{2}$$

Bezeichnet ferner $s_n(z)$ die gewöhnliche Partialsumme der Potenzreihe, so ist die Folge

$$|f(z)|^2,\ |f(z)-s_0(z)|^2,\ |f(z)-s_1(z)|^2,\ldots,\ |f(z)-s_n(z)|^2,\ldots \tag{3}$$

an jeder Stelle des Einheitskreises $|z|\leqq 1$ (mit eventueller Ausnahme von $z=1$) k-fach monoton. Für $k=1$ wurde dieser letztere Satz zuerst von SZEGŐ bewiesen.

III. Ist für die Potenzreihe $f(z)=\sum_{n=1}^{\infty} c_n z^n$ die Folge $\{nc_n\}$, $n=1, 2, 3,\ldots$, zweifach monoton, so ist $f(z)$ für $|z|<1$ nicht nur schlicht, sondern auch sternförmig i. B. auf den Nullpunkt der Funktionsebene; ist sogar die Folge $\{n^2c_n\}$, $n=1, 2, 3,\ldots$, zweifach monoton, so ist $f(z)$ für $|z|<1$ schlicht und konvex.

IV. Ist in der Potenzreihe $f(z)=\sum_{n=0}^{\infty} c_n z^n$ die Koeffizientenfolge $\{c_n\}$ zweifach monoton, dann sind die arithmetischen Mittel erster Ordnung der Partialsummen der Reihe

$$P_0(\cos\theta)+P_1(\cos\theta)+\cdots+P_n(\cos\theta)+\cdots \tag{4}$$

für jedes reelle θ nichtnegativ. Hier sind die Polynome $P_n(\cos\theta)$ durch

$$|f(re^{i\theta})|^2=\sum_{n=0}^{\infty} P_n(\cos\theta)\,r^n \tag{5}$$

definiert, und «verallgemeinerte LEGENDRE-sche Polynome» genannt.

In der Arbeit wird u. A. auf die einschlägigen Resultate von J. W. ALEXANDER, F. HAUSDORFF, E. JACOBSTHAL, K. KNOPP, G. PÓLYA, G. SZEGŐ und des Verfassers hingewiesen.

(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften vom 11. Mai 1936.)

A MELEG BEFOLYÁSA A BAUXITCEMENT-BETON SZILÁRDSÁGÁRA.

MIHAILICH GYŐZŐ-től.

(Székfoglaló értekezés.)

A bauxitcementnek a portlandcementtel szemben az az előnye, hogy igen rövid idő alatt biztosít a betonnak nagy nyomószilárdságot s így alkalmas oly építmények létesítésére, melyek már 1—2 napos korukban is teljesen teherbírók, míg a portlandcement-beton rendesen csak több hét után éri el a kellő szilárdságot.

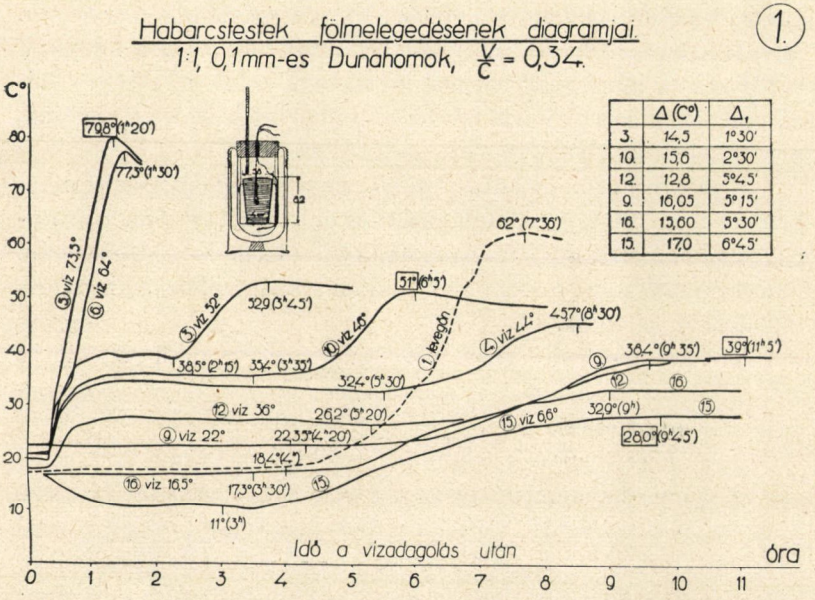
A beton- és vasbetonépítés fejlődése szempontjából igen fontos körülmény az, hogy a kritikus idő, amíg a beton kellőkép megszilárdul, a lehető legrövidebbre szoríttassék, mert ezen szilárdulási idő alatt a betonépítményt gyámolítani kell, alá kell támasztani és meg kell óvni mindenféle külső erőhatástól. Ezen kritikus születési időszaknak lehető rövidre szabása úgy az építmény sikeres megalkotása, mint a gyors használatba vehetősége, mint az ezekkel természetszerűleg kapcsolatos gazdasági előnyök folytán elsőrendű fontosságú.

Ámde a bauxitcementnek nagy kötési energiája igen nagy hőkifejlődéssel jár, amely oly esetekben, amidőn a keletkezett nagy melegmennyiség nem tud kellő mértékben elváltozni, a beton minősége megromlik és szilárdságcsökkenés állhat elő. Ez a romlás főleg akkor következik be, midőn igen nagyméretű, vastag betontesteket kell nagy nyári melegben készíteni.

A m. kir. József Nádor Műegyetem beton- és vasbetonépítési laboratoriumában a Széchenyi Tudományos Társaság anyagi támogatásával két év óta folynak kísérletek, melyek azt célozzák, hogy

a kötéskor keletkező melegnek a beton nyomószilárdságára való befolyása állapíttassék meg.

E végből készültek habarcstestek, melyek thermosban különböző hőfokú (73·5—6·6) vízben szilárdultak és megállapíttattak a felmelegedési diagrammok. Készültek különböző vastagsági méretű plasztikus és földnedves habarcs- és betontestek, ez utóbbiak egész 1 méteré lhosszúságú kockákig, különböző hőfokú vízben és levegőn, állandó hőmérsékletű zárt helyen, továbbá nyáron szabad-



1. ábra.

ban, a napon. Megállapíttattak ez esetekben is a fölmelegedési diagrammok, valamint a habarcs és a beton nyomószilárdsága legtöbbnyire 2 napos korban. A beton kész m³-ben legtöbb esetben 270 kg cement volt. A próbatestekben a hőmérsékletet thermoelemekkel mértük. Végül végeztettek vastag próbatesteken hűtési kísérletek, belső csővezetékes hűtést alkalmazva.

A habarcstestek fölmelegedési diagrammjai háromféle típust mutatnak.

Amint az 1. ábra baloldali első diagrammján látható, az igen

meleg vízben való kötésnél hirtelen gyorsan, linearisan emelkedett a habarcsban a hőmérséklet és rövid idő alatt érte el a legnagyobb értékét. A cement gyorsan kötővé vált.

Alacsonyabb, kb 50°-os víz esetében, amint az 1. ábra balról 3-ik diagrammja mutatja, már a diagramm első meredek egyenes szakasza rövid ideig tart, utána hosszabb vízszintes szakasz következik, majd a hőmérséklet kezd rohamosan emelkedni és hosszabb idő múltán éri el legnagyobb értékét.

A harmadik típusa a habarcs-hőmérséklet-diagrammnak az 1. ábra legalsó diagrammja, amidőn a víz alacsonyabb hőmérsékletű, mint a habarcsnak anyaga. Ily esetben a víz hűtő hatása folytán a habarcsban a hőmérséklet eleinte fokozatosan csökken, míg egy minimumot nem ér el, s innen kezdve azután olyan jellegű a diagramm, mint a második típusé.

Mindezen diagrammokból kitűnik, hogy azon hőmérséklet csökkenésével, melyben a habarcs megszilárdul, a habarcsban is a legnagyobb hőmérséklet természetszerűleg csökken és a legnagyobb fölmelegedés is mind hosszabb idő múltán következik be, a diagramm mindjobban elnyúlik.

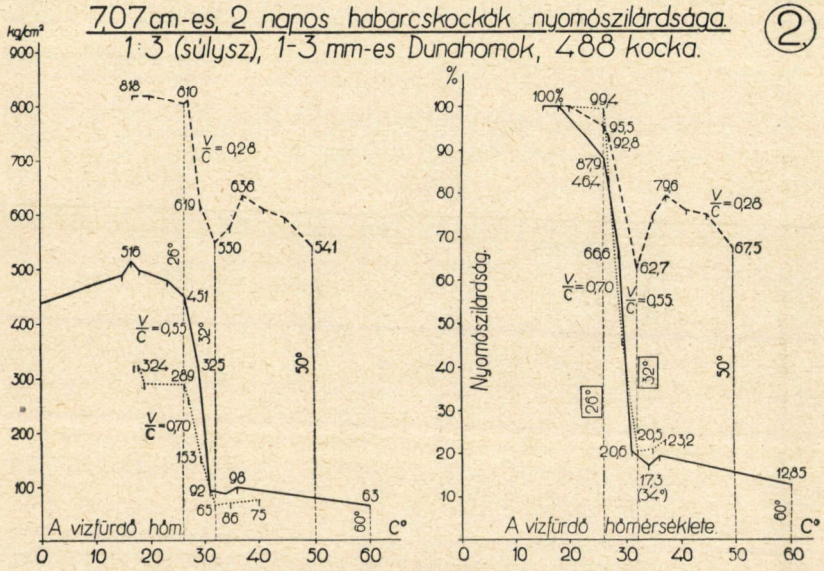
Az igen nagy melegben való szilárdulás esetétől eltekintve *a felmelegedési diagrammokon egy rohamos hőemelkedés jellegzetes szakasza* különböztethető meg.

A gyakorlatban előforduló hőmérsékleteket véve figyelembe azt lehet megállapítani, hogy ezen rohamos hőemelkedés szakasza a habarcskészítés kezdetétől — a víznek és a cementnek egymással való érintkezésétől — számítva mintegy 4—5 óra múltán kezdődik és kb. 5—6 óráig tart, úgy, hogy a legnagyobb hőmérséklet a habarcsban mintegy 10—11 óra múltán következik be.

Azon kísérletek, melyek a nyomószilárdságnak különböző hőfokon való vizsgálatát célozták, két csoportba oszthatók. Készültek 7·07 cm élhosszúságú habarcskockák és 20 cm élhosszúságú betonkockák. Azután pedig készültek nagyobb hasábok, valamint 75 cm és 100 cm élhosszúságú kockák. Ezen testek részben nyáron szabadban a napon, részben pedig kb 30° állandó hőmérsékletű kis szobában szilárdultak meg.

A 7·07 cm élhosszúságú habarcskockák, valamint a 20 cm-es betonkockák vasformában vízzáróan lezárva és 24 óráig különböző

hőfokú (20—60°-ú) elektromosan fűtött vízfürdőben tároztak. 24óra múltán a vasforma eltávolíttatott és a testek további 24 óráig, a törésig *szobahőmérsékletű vízben* (15—20°) maradtak. A habarcskockákból mindig 6, a betonkockákból 4 készült egyidejűleg és a próbatestek fele a megállapított hőfokú vízben, a másik fele pedig szobahőmérsékletű vízben tároztatott s így meg lehetett mindig



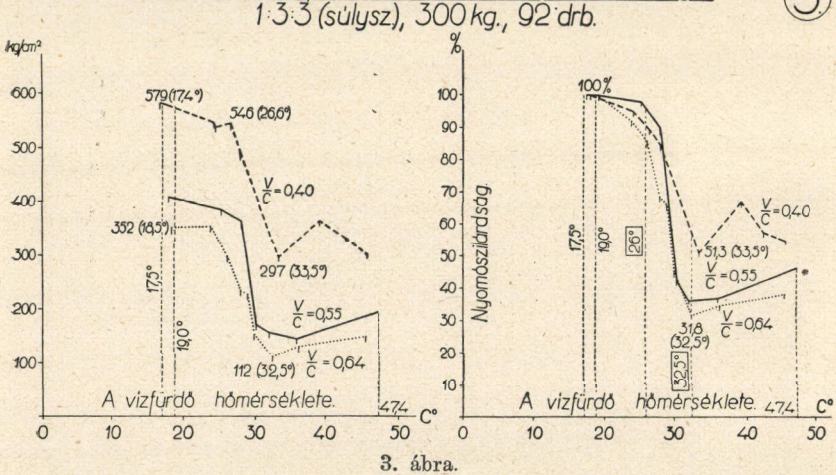
2. ábra.

állapítani, hogy a nagy melegben szilárdult próbatest szilárdsága hány százaléka a normális szobahőmérsékleten keményedett test szilárdságának. A különböző hőfokú vízfürdőben, valamint levegőn szilárdult 7·07 cm-es habarcskockák és 20 cm-es betonkockák kétnapos nyomószilárdságainak diagrammjai a 2—3. ábrán azt mutatják, *hogy a 26°—32°-os szakaszon rohamos szilárdságcsökkenés észlelhető. A 32—34°-on a plasztikus habarcsok szilárdsága a szobahőmérsékleten készült testek szilárdságának mintegy ötödére csökkent, a plasztikus betonoké pedig kb. a harmadára, míg a földnedves habarcsoké csupán 63%-ra, a földnedves betonoké pedig nem egészen a felére.*

Feltűnő jelenség a földnedves próbatestek előnyös viselkedése.

Amíg a plasztikus próbatestek nyomószilárdsága a különböző vízcementtényező esetén természetesen különböző ugyan, de a *legnagyobb százalékos csökkenés közel azonos*, addig a *földnedves testek szilárdságcsökkenése lényegesen kisebb*. Amíg 32·5° hőmérsékleten 0·64 vízcementtényező esetében 20 cm-es betonkockák 2 napos nyomószilárdsága csupán 112 kg/cm² volt, addig a földnedves kockák — 0·40 vízcementtényezővel — 297 kg/cm² számottevő szilárdságot adtak.

Egy másik kísérletsorozatban 20 cm-es betonkockák készültek olyformán, hogy mindig 2—2 kocka vasformában kis szárító szek-

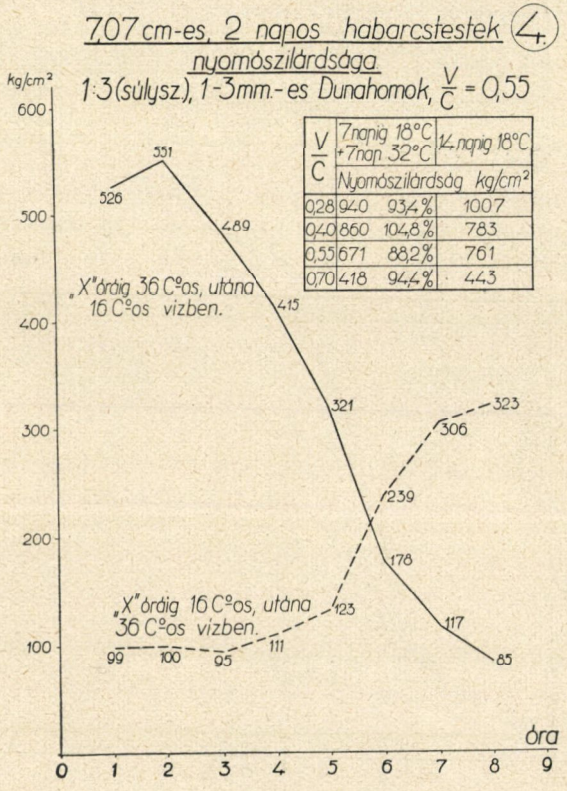


3. ábra.

rényben tározott az első 24 órában, mely idő alatt gáztüzeléssel, egy automatikusan működő kontakt-hőmérő segítségével előre megállapított állandó hőmérséklet állíttatott elő. Ezen plasztikus betonnal (V : C=0·68) készült kísérletsorozat is azt mutatta, hogy a 26—32°-os szakaszon a nyomószilárdság hirtelen csökken és 32°-nál kb. 40%-ra szállt le a szobahőmérsékleten készült kockák szilárdságához képest.

A szilárdságcsökkenés valamivel kisebb, mint a vízben szilárdult plasztikus kockáknál, ami összefügg azon körülménnyel, hogy a víz fajmelege és melegvezetőképessége nagyobb, mint a levegőé.

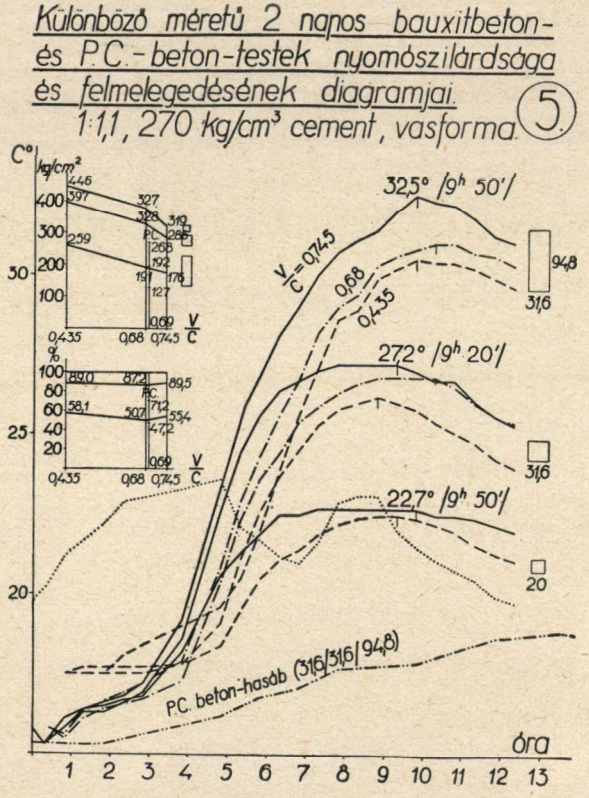
Amidőn nagymérvű a szilárdságcsökkenés, az azt okozó kémiai hatás külső jeleként a bauxit-beton szürkésbarna, illetőleg csokoládébarna színe jellegzetesen vörösesbarnára változik és fínom porszerű réteg lepi be a kavicsfelületeket.



4. ábra.

Meg kell említeni habarcstestekkel végzett azt a kísérlet-sorozatot (4. ábra), mely azt mutatta, hogy a szilárdulás *első 3—4 órájában* a nagy meleg nem okoz lényegesebb szilárdságcsökkenést, ha utána megfelelő alacsony hőmérsékletbe kerül a test. Ezen kísérlet során egyes kockák «x» számú óráig, pl. sorra 1, 2, 3, 4 óráig 36°-os vízben keményedtek és az «x» óra elteltével 16°-os vízbe kerültek. Más próbatestek pedig «x» számú óráig voltak 16°-os vízben és utána helyez-

tettek 36°-os vízbe. A kétnapos nyomószilárdságok azt mutatják, hogy a keményedés első 3—4 órájában a nagy meleg nem árt. Viszont ha az első 3—4 órában 16°-os a hőmérséklet, az nem segít, ha utána 36°-os megint a meleg.



5. ábra.

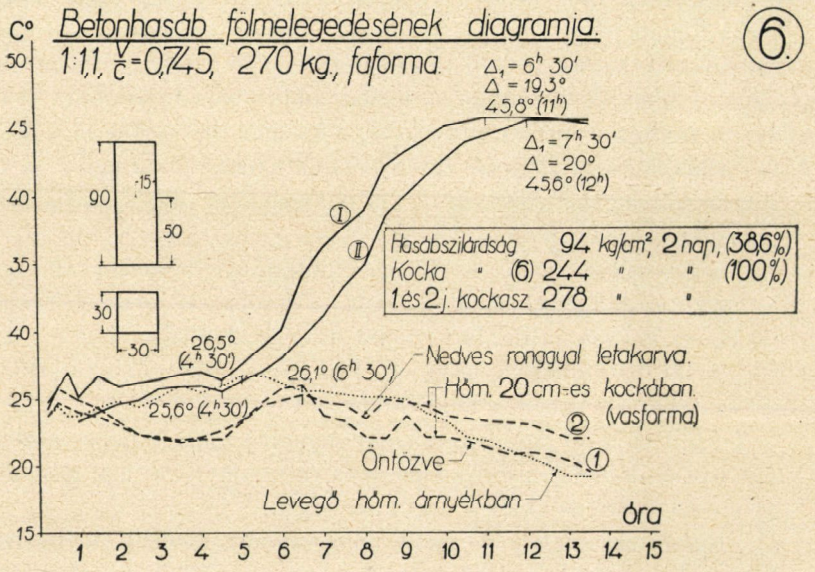
Ez az eredmény összefügg a hőmérsékleti-görbék mutatta azon tulajdonsággal, hogy a rohamos hőemelkedés szakasza csak több óra múltán kezdődik.

A nyomókísérletek második csoportja a végből készült, hogy a *betontest vastagsági méreteinek befolyását* lehessen tanulmányozni.

1. Júliusban, midőn a levegő legnagyobb hőmérséklete árnyékban 27° volt, készült szabadban, napon két 30/30/90 cm méretű

hasáb igen jól záró faformában. A forma 24 óra múltán távolíttatott el és ekkor a testek a laboratóriumba kerültek. Öntözés a gyakorlatban szokásos volt.

A fölmelegedési diagrammok igen jellegzetesek (5. és 6. ábra). A betonhasábban — amint a 6. ábra legfelső diagrammján látható — $4^h30'$ múltán kezdődött a rohamos hőemelkedés és 11^h múltán érte el a hőmérséklet legnagyobb értékét, mely 45·8° volt. A rohamos



6. ábra.

hőemelkedés szakaszának időtartama $6^h30'$ és magán ezen a szakaszon a hőemelkedés 19·3°.

A 20 cm-es kockákban a legnagyobb hőmérséklet 26·1° volt és a diagramm követi — amint a 6. ábra alsó diagrammjai mutatják — a levegőhőmérséklet diagrammját, jeléül annak, hogy a kötésmeleg könnyen el tudott vasformán át a kockából távozni.

A két betonhasáb nyomószilárdsága 2 napos korban átlagban 94 kg/cm², az ugyancsak szabadban szilárdult 20 cm-es kockáké pedig 244 kg/cm² volt. A szóbanforgó hasábszilárdságnak 0·53-as tényezővel számítva megfelel cm²-ként 177 kg 20 cm-es kockaszilárdság, vagyis ez esetben tetemes nyomószilárdságcsökkenés

állapítható meg. Viszont azonban a 177 kg/cm² kockaszilárdság még mindig számottevő érték, ha figyelembe vesszük, hogy a magyar vasbetonszabályzat 28 napos portlandcement-betonra 140, illetőleg 160 kg/cm² kockaszilárdságot ír elő.

2. Hasonló eredményt mutattak azon kísérletek, melyeket egy állandó, kb. 30° hőmérsékleten tartott kis laboratóriumi helyiségben végeztünk. Az 50/50/100 cm méretű hasábok faformában készültek olyformán, hogy a test belsejében két 20 cm élhosszúságú bádogkocka foglalt helyet, melyet betonozás közben gondosan kitöltöttek betonnal. A betont a szokásos módon sem öntözték. A vízcementtényező 0·68. A betonban a legnagyobb hőmérséklet 43·1° volt. 24 óra múltán a formát eltávolítva, a hasábot szétvertük és kiszedtük a két kockát. Ezen 20 cm-es kockák nyomószilárdsága 2 napos korban 171 kg/cm² volt, vagyis kb. ugyanakkora mint a szabadban, júliusban készült betoné.

A hasonlóan előállított 75 cm élhosszúságú betonkockákban a legnagyobb hőmérséklet 53·7° volt, a próbatest belsejéből való 20 cm-es kockák pedig 140 kg/cm² nyomószilárdságot adtak.

A 30°-os szobában szilárdult 1 méter élhosszúságú plasztikus (v : c=0·68) kockában a hőmérséklet felemelkedett 59·2°-ra, a test belsejéből való 20 cm-es kockák nyomószilárdsága 2 napos korban azonban csak 84 kg/cm². Az 1 méteres vastagság tehát már igen erős nyomószilárdságcsökkenést eredményezett.

Készültek azután 1 méter élhosszúságú kockák földnedves betonból is. Ezen kísérletek — egybehangzóan a földnedves habarcstestekkel és 20 cm-es betonkockákkal végzett kísérletekkel — azt mutatták, hogy a földnedves testek sokkal kedvezőbben viselkednek, mint a plasztikusak. Ugyanis az 1 méter élhosszúságú, földnedves betonból — 0·48 vízcementtényezővel — előállított betonkockában a legnagyobb hőmérséklet 54·6° volt és a beton oly jó minőségű maradt, hogy csak igen nehezen és lassan lehetett a tömböt szétverni s így a test belsejéből való 20 cm-es kockák csak 4 napos korban voltak eltörhetők, amikoris 312 kg/cm² nyomószilárdságot mutattak a szobahőmérsékleten szilárdult 20 cm-es kockák 398 kg/cm² nyomószilárdságával szemben s így a földnedves beton esetében 1 méteres vastagság dacára a nyomószilárdság csupán 78%-ra csökkent.

Ezen 1 méter élhosszúságú betonkockákkal végzett kísérletek meggyőzően mutatják a földnedves beton nagy előnyét szemben a plasztikussal. Mindkétféle betonban a hőmérséklet kb. ugyanolyan magasra emelkedett, s amíg a plasztikus betonban erős romlás következett be, addig a földnedves beton egész jónak mondható. Úgy látszik, hogy a nagy melegben vastag betontestekben bekövetkező káros elváltozáshoz sok víz szükséges.

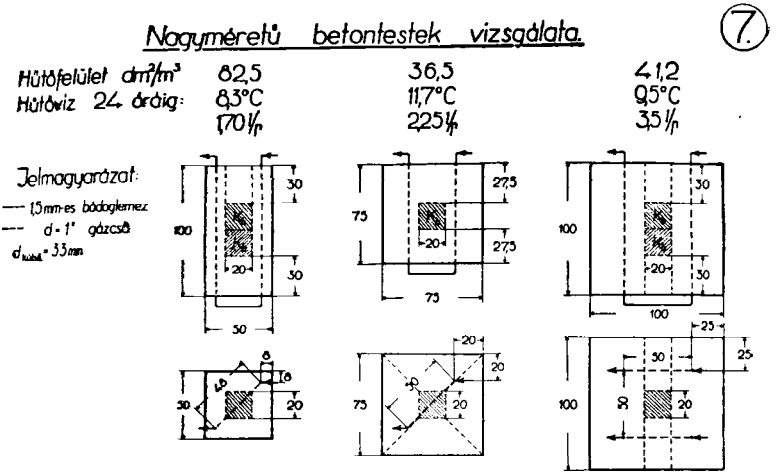
Fölmerült már most az a kérdés, hogy ha plasztikus betonból készítünk nagyméretű testeket, nem lehet-e kellően nagy mértékű hűtéssel megfelelő eredményt elérni, miután a szokásos öntözés hiábavaló.

Az e végből készült két 1 méter élhosszúságú betonkockát egymástól 50 cm távolságban elhelyezett négy 33 mm külső átmérőjű csövön átvezetett vízvezetéki vízzel hűtöttünk az első 24 órában. A hűtőfelület 41 négyzetdeciméter volt betonköbméterenkint. Ezen hűtéssel el volt érhető, hogy a betonban a hőmérséklet 59·2°-kal szemben csak 50·2°-ra emelkedett és a test belsejéből való 20 cm-es kockák 2 napos nyomószilárdsága a nem hűtött testéhez képest több mint a kétszeresére, 190 kg/cm²-re emelkedjék, ami a szobahőmérsékleten szilárdult 20 cm-es kockák nyomószilárdságának (336 kg/cm²) az 57%-át jelenti.

Készültek továbbá plasztikus betonból 50/50/100 cm méretű hasábok, melyek 30° hőmérsékletű szobában szilárdultak. A testek két beépített csövön keresztül 24 óráig hűtettek (7. ábra). Ezen hasábok belsejéből vett 20 cm-es kockák 275 kg/cm² nyomószilárdságot adtak, amely utóbbi érték a szobahőmérsékleten keményedett 20 cm-es kockák nyomószilárdságának (341) kg/cm² 81%-a. Ez utóbbi esetben alkalmazott hűtés — midőn a hűtő csőfelület 83 négyzetdeciméter volt betonköbméterenként — mutatja, hogy kellő belső csővezetékhűtéssel vastag betontestek esetében is biztosítani lehet a bauxitbeton nagy kezdő szilárdságát.

Ezen csővezetékes intenzív hűtésen kívül a kötéskor keletkező nagy melegmennyiségnek a betontestből való eltávozását elősegíti a faformának lehetőleg korai eltávolítása is. A fölmelegedési diagramn rohamos emelkedésű részét szem előtt tartva, célszerűnek látszik, hogy a hőmérséklet rohamos emelkedésének megindulása előtt a testet a faformából kiszabadítsuk. Ezen gondolat helyességét a

kísérletek igazolták nyári nagy melegben, midőn a levegő legnagyobb hőmérséklete 32·4° volt, 31·6 cm élhosszúságú betonkockák készültek, melyek formáját különböző idő múltán távolítottuk el. Így azon kockák, melyek faformáit 24 óra múltán távolítottuk el, 3 napos korban 128 kg/cm² nyomószilárdságot adtak, míg azon kockák



	Hűtött	Nem hűtött		Hűtött	Nem hűtött	Földnedves		Hűtött	Nem hűtött	Földnedves
Víz/Cement.	0,68	0,68		0,68	0,68	0,48		0,68	0,68	0,48
Levegő hőm. C°	28,8	29,4		30,2	29,6	30,0		30,3	30,0	30,3
Beton hőm. C°	33,8	43,1		44,3	53,7	48,2		50,2	59,2	54,6
Melegedés időtartama	10h40'	11h40'		11h35'	12h50'	15h20'		11h11'	13h02'	14h55'
K_h kg/cm²	275	171		205	140	391		190	84	312*
K_{30} kg/cm²	341	326		258	213	448		247	268	366*
K_{20} kg/cm²				305	313	472		336	347	398*

* négy napos

7. ábra.

nyomószilárdsága, melyek faformáit 4 óra múltán távolítottuk el, 235 kg/cm² volt. A rohamos hőemelkedés a betonban kb. 5 óra múltán kezdődött.

Ha mindeme kísérletekből gyakorlati következtetéseket óhajtunk levonni, akkor figyelembe kell venni azon körülményt, hogy a kötésmeleg eltávozása szempontjából a próbatest helyzete a kis melegítőszekrény ben hátrányosabb volt, mint a laboratóriumi he-

lyiségben és mindkét esetben hátrányosabb, mint a szabad levegőn, ahol a testet viszonylag nagy és folyton megújuló levegőtömeg veszi körül. Továbbá tekintettel kell lenni arra, hogy amíg a kísérleteknél az első 24 óra alatt a hőmérséklet állandó volt, addig a szabadban a legnagyobb hőmérséklet csak rövid ideig tart és a maximum előtt és után folytonosan csökken a hőmérséklet. Viszont a szabadban az árnyékban mért hőmérséklettel szemben a napon készülő beton sok meleget halmoz föl magába.

Mindezek figyelembevételével a szóbanforgó kísérletekből a következő végkövetkeztetések vonhatók le :

Kritikus hőmérsékletnek a 30° körüli hőmérséklet mondható, amidőn plasztikus beton esetében 50—75 cm vastagsági méretig majdnem 50%-os szilárdságcsökkenéssel kell számolni, ha intenzív hűtést nem alkalmazunk. Hangsúlyozni kell azonban, hogy ezen szilárdságcsökkenés mellett is a beton megfelel a magyar vasbetonszabályzatban a 28 napos portlandcement-betonra előírt szilárdságnak és így fennforog még mindig a bauxitcement-beton azon nagy előnye, hogy a belőle készített vasbetonszerkezet már kétnapos korban is teherbíró. Ha pedig kellő mértékű csővezetékes belső hűtést alkalmazunk, úgy a plasztikus bauxitcement-beton nagy kezdő szilárdsága *nagy betonvastagságok esetén is biztosítható*, ami a bauxitcement általános alkalmazási lehetőségét jelenti.

A kísérletek továbbá mutatták, hogy a földnedves beton sokkal kedvezőbben viselkedik, mint a plasztikus. Ezen eredmény megcáfolja azon minden bauxitcementzsákon látható azt a határozott gyári utasítást, mely szerint földnedves betonnal nem szabad dolgozni. A szóbanforgó kísérleteknek fontos eredménye ez, amely vasbetonszerkezetekre — melyek nem készülnek földnedves betonból — általánosítva azt *jelenti, hogy a bauxitcement-beton készítéséhez lehetőleg kevés vizet használjunk, oly keveset, amennyit a jó bedolgozhatóság még megenged.*

Vastag betonméretek esetén a kötésmeleg lehető nagymértékű elváltozásának elősegítésére célszerű a faformát vagy annak egy részét — 4—5 óra múltán — eltávolítani a végből, hogy a rohamos hőemelkedés beálltakor lehetőleg nagy betonfelületet érjen a levegő, mely a kötésmeleg jórészét fölveszi.

A nyári melegben való betonozáskor pedig figyelemmel kell

lenni arra, hogy a nap folyamán a hőmérséklet erősen változik és kb. d. e. 11—d. u. 5 óra között van nálunk a legnagyobb meleg. Másrészt pedig tekintetbe lehet venni azt a kísérleti eredményt, mely szerint a szilárdulásnak első 3—4 órájában a nagy meleg nem ártalmas, ha utána, a beton megfelelően alacsonyabb hőmérsékletbe jut.

Az ismertett kísérletek eddigi eredményei is remélhetőleg hozzá fognak járulni ahhoz, hogy a magyar bauxitcement a beton- és vasbetonépítés továbbfejlődésében megfelelő szerepet játsszon.

(A M. T. Akadémia III. osztályának 1935. május 13-án tartott üléséből.)

EINFLUSS DER WÄRME AUF DIE FESTIGKEIT DES BAUXITZEMENTBETONS.

Von V. MIHAILICH.

Im Laboratorium für Beton- und Eisenbetonbau der Palatin Joseph-Universität für technische und Wirtschaftswissenschaften sind seit zwei Jahren Versuche im Gange, die den Zweck haben, den Einfluss der beim Abbinden von Bauxitzementbeton sich bildenden Wärme auf die Druckfestigkeit des Betons festzustellen. Die Versuche wurden mit der finanziellen Unterstützung der «Széchenyi Wissenschaftliche Gesellschaft» durchgeführt.

Zu diesem Zwecke wurden Mörtelkörper hergestellt, die in Wasserbädern von verschiedenen Temperaturen (73·5°—6·6°) in Thermosbehältern erhärteten und bei denen die Erwärmungsdiagramme aufgenommen wurden. Zu diesem Zwecke dienten auch Mörtel- und Betonkörper in verschiedenen Dicken (die Betonkörper bis zu Würfeln mit 1 m Kantenlänge), von plastischer und erdfeuchter Konsistenz, die in Wasserbädern von verschiedenen Temperaturen oder an der Luft in geschlossenen Räumen oder im Sommer im Freien in der Sonne erhärteten. Auch in diesen Fällen wurden die Erwärmungsdiagramme aufgenommen, sowie die Druckfestigkeiten meistens im Alter von zwei Tagen bestimmt. Der Beton enthielt in den meisten Fällen 270 kg Zement pro m^3. Die Temperatur der Probekörper wurde mit Thermoelementen gemessen.

Schliesslich wurden auch Kühlversuche an dicken Probekörpern angestellt, und zwar durch Innenkühlung mittels Rohrleitungen.

Auf Grund der Versuchsergebnisse lässt sich bezüglich des Einflusses der Wärme auf die Druckfestigkeit des Bauxitzementbetons folgendes feststellen:

Die Temperatur +30° kann als kritische Temperatur betrachtet werden, bei der beim plastischen Beton, bis zu 50—75 cm Dicke, mit einer fast 50%-igen Festigkeitsverminderung zu rechnen ist, falls keine wirksame Kühlung erfolgte. Es muss aber betont werden, dass die Bauxitzement-Betone trotz dieser Festigkeitsverminderung, der in den ungarischen Eisenbetonvorschriften für 28 Tage alte Portlandzement-Betone vorgeschriebenen Festigkeit entsprechen. Somit besitzt der Bauxitzement-Beton noch immer jenen Vorteil, dass die Eisenbetonkonstruktionen schon im Alter von zwei Tagen vollkommen tragfähig sind.

Wird aber *mittels Rohrleitungen eine entsprechende innere Kühlung angewendet*, so kann auch bei plastischem Bauxit-Beton mit grossen Abmessungen laut der bisherigen Versuche bis 1 M Dicke eine hohe Anfangsfestigkeit gesichert werden, was eine allgemeine Anwendbarkeit des Bauxitzement-Betons bedeutet.

Die Versuche haben ferner gezeigt, dass sich *die erdfeuchten Bauxitzement-Betone bedeutend besser verhalten als die plastischen.* Dieses Ergebnis widerspricht der auf jedem Sack Bauxitzement angebrachten Fabriksanweisung, wonach mit erdfeuchten Beton nicht gearbeitet werden darf. Dies ist ein wichtiges Ergebnis dieser Versuche, das für Eisenbetonkonstruktionen, die ja nicht aus erdfeuchten Beton hergestellt werden, verallgemeinert soviel bedeutet, dass Bauxitbeton mit möglichst wenig Wasser angemacht werden soll, mit nur soviel Wasser, als es die gute Verarbeitbarkeit noch zulässt.

Bei grossen Betonabmessungen ist es zweckmässig, um das Entweichen der Abbindewärme zu begünstigen, *die Schalung nach 4—5 Stunden zu entfernen*, damit bei Eintritt der plötzlichen starken Wärmeentwicklung möglichst grosse Betonflächen der Luft ausgesetzt sind, die einen guten Teil der Abbindewärme aufnimmt.

Beim Betonieren *in der Sommerhitze* muss berücksichtigt werden, dass die Lufttemperatur im Laufe des Tages grossen Schwankungen unterworfen ist, und dass bei uns *zwischen 11 Uhr*

vormittags und 5 Uhr nachmittags die grösste Hitze herrscht. Andererseits kann auch jenes Versuchsergebnis beachtet werden, wonach *die grosse Hitze in den* ersten 3—4 Stunden der Erhärtung nicht schädlich ist, wenn nachher der Beton entsprechend niedrigeren Temperaturen ausgesetzt wird.

Die bisherigen Ergebnisse der besprochenen Versuche werden hoffentlich dazu beitragen, dass der ungarische Bauxitzement in der weiteren Entwicklung des Beton- und Eisenbetonbaues zu einer ihm zukommenden Rolle gelangt.

(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften vom 13. Mai 1935.)

A BIHAR-HEGYCSOPORT TEKTONIKAI HELYZETE A KÁRPÁTOK RENDSZERÉBEN.

ROZLOZSNIK PÁL l. tagtól.

(Székfoglaló értekezés.)

I—II. táblával.

Az alpesi hegyláncolatok zárt egysége a magyar medence előtt két ágra válik szét. Az északi ág a Kárpátok ívében hatalmas hurkot vetve az Aldunán lép át a Balkán-félszigetre, míg a déli *dinarida* ág az Adria keleti partján egyenes irányban halad DK felé. Arra a kérdésre, mi okozza a hegyképződés alpesi stílusának e lényeges megváltozását, legelőször a magyar tektonika apja: ID. LÓCZI LÓCZY LAJOS igyekezett magyarázatot találni. LÓCZY LAJOS azonban eszméit kezdetben csak szóval terjesztette, úgyhogy az azokra való utalás először 1903-ban néhai DIENER KÁROLY bécsi egyetemi tanár «Bau und Bild der Ostalpen und des Karstgebirges» című művének 474. lapján, első részletes és szabatos fogalmazásuk pedig FRECH FRIGYES breslaui egyetemi tanár egyik 1905-ben megjelent értekezésében látott napvilágot. «Die alte starre Masse — írja FRECH — die nach L. v. LÓCZY den Untergrund der ungarischen Ebene bildet, hat in den aufgelagerten mesozoischen Sedimenten des Bakonyer Waldes jede intensivere Faltung verhindert».[1] Az ilyképpen jellemzett *ősi magyar tömeg* FRECH szerint, LÓCZY nyomán a Velencei- és Pécsi-hegységen kívül Erdély nyugati részében — tehát nyilvánvalóan a tágabb értelemben vett Bihar-hegységben — kerül a föld felszínére.

A *magyar* vagy *pannoniai ősi tömeg* (masszívum) azóta a

[1] FR. FRECH: Die tektonische Entwicklungsgeschichte der Ostalpen. Monatsb. d. Deutsch. Geol. Gesellschaft. Berlin, 1905. p. 323.

tektonikai irodalom közkincsévé vált, a különböző szerzők azonban az idők folyamán a magyar ősi tömeget hol kisebb, hol nagyobb kiterjedésűnek képzelték el.

Ami a tágabb értelemben vett Bihar-hegységet illeti, id. Lóczy Lajos állásfoglalása fiatalkori klasszikus vizsgálatain alapszik. A Hegyes-Drócsa-hegység tanulmányozása közben ugyanis arra a fontos eredményre jutott, hogy míg a hegységhez dél felől csatlakozó mezozoóskorú vonulatban még az alsó krétakorú flis is zűrzavarosan összegyűrődött, addig a régibb hegységre lerakódott felsőkrétakorú gosau-rétegek már zavartalanul települnek. Ezen megfigyeléséből a hegyképződés középsőkréta korára következtetett.[1] A tágabb értelemben vett Bihar-hegységet pedig Suess Ede értelmében vett egyoldalú hegységnek vélte, amely É-ról DNy-ra s végül Ny-ra görbül. A hegység tengelyét — felfogása szerint — ős- és paleozoóskorú palák jelzik, domború oldalán az előbb említett gyűrt mezozoós tagokból alkotott előhegység csatlakozik hozzá, a tengely belső ívében pedig, amelyet id. Lóczy részletesebben nem tanulmányozott, a mezozoikum nagykiterjedésű és csak vetődések által zavart platói foglalnak helyet.[2]

Azóta, hogy id. Lóczy Lajos a fenti megállapításokat lerögzítette, a tágabb értelemben vett Bihar-hegységről való ismereteinket számos vizsgálat öregbítette. Elég, ha e helyen csak Hofmann Károly, Primics György, Pethő Gyula, Böckh Hugó, Szádeczky Gyula, Pálfy Móric, Szontágh Tamás, Fisch Walter és Papp Károly neveit említem meg.

A világháború kitörése előtt a m. kir. Földtani Intézet megbízásából a Bihar- és Béli- (Kodru-Móma) hegységben nyolc év nyarán végeztem földtani felvételeket. Részben egyedül, három éven keresztül pedig Szontágh Tamás és Pálfy Móric immár elhúnyt kartársaim társaságában dolgoztam. A világháború alatt pedig mint a cs. és kir. katonai bányafelügyelőség geológusa, 1916-ban háromnegyed éven át a Királyerdő bauxitterületeit tanulmányoztam részletesen.

---

[1] Lóczy Lajos: Jelentés a Hegyes-Drócsahegységben tett földtani kirándulásról. Földtani Közlöny, VI. (1876) p. 106.

[2] Lóczy Lajos: A Bihar-hegység egy sajátos völgyalakjáról. Földtani Közlöny. VII. (1877) p. 181. stb.

Mindezen vizsgálatok részleteredményeiről a m. kir. Földtani Intézet Évi jelentéseiben előzetesen már beszámoltunk. A részletes feldolgozás eredményeit PÁLFY MÓRIC kartársammal, akadémiánk elhúnyt l. tagjával nagyobb monográfiában óhajtottuk közrebocsátani. A háború utáni évek változó feladatai a munka befejezésében mindeddig meggátoltak. Néhány évvel azelőtt PÁLFY MÓRIC l. tagunk kezéből is kihullott a toll. Hátrahagyott kéziratának kiegészítése, lezárása és a monográfia általam megírott részeibe való beillesztése oly tetemes időt igénylő feladat, amelyre csak abban az esetben tudnék vállalkozni, ha monográfiánk megjelenésének lehetősége biztosítva volna.

Mindaddig, amíg ez nem lesz lehetséges, legyen szabad a saját és közös kutatásaink eredményei alapján a tágabb értelemben vett Biharhegység [1] szerkezetéről alkotott felfogásomat e helyen röviden előadni.

Mindenekelőtt meg kell említeni, hogy az alpesi-kárpáti orogén különböző részeiben bizonyos különbségeket ismerhetünk fel. A Nyugati és Keleti Alpesek földtani felépítésében mutatkozó különbségek már régóta foglalkoztatják a kutatókat. A magyar föld elérése táján közbeékelődik az ősi magyar tömeg s bizonyos különbségek jelentkeznek a Felsőtisza mélyedésén túl is.

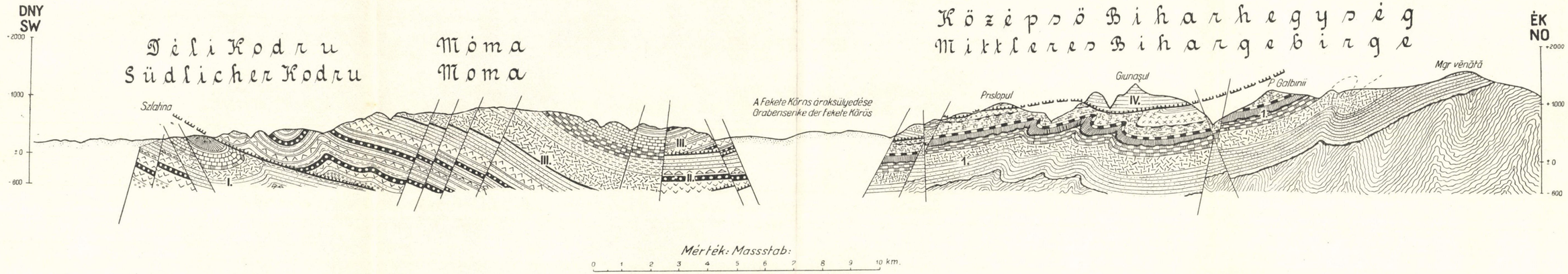
Az Északkeleti Kárpátok kristályos-pala vonulata ugyanis a Radnai Havasoktól kezdve két ágra szakad. A főág a Keleti- és Délkeleti Kárpátok főívét követi, a délnyugatra a Gyalui Havasok felé elkanyarodó, kevésbbé feltűnő ív pedig a magyar-erdélyi határhegységekként természetes határ Erdély és a Nagy-Magyar-Alföld között. Arról a tényről, hogy ez a morfológiai elrendezés a két ív kristályos palavonulatának vezérlővonulataiban is kifejezésre jut, a macskamezőtípusú vasmangánércvonulatok követése kapcsán volt alkalmam meggyőződni.[2]

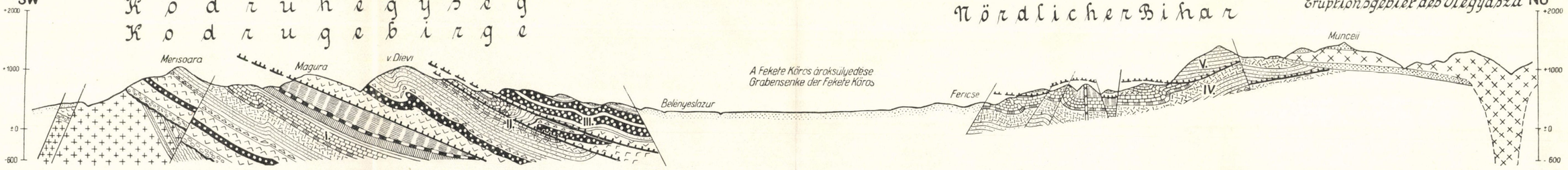
PÁVAI-VAJNA FERENC az Északkeleti-Kárpátok kristályospalavonulatának említett kettéválását 1926-ban azzal magyarázta,

---

[1] A tágabb értelemben vett Bihar oláh neve: *Mtii Apuseni*, a Biharé: *Bihor*, a Béli-hegységé: *Codru-Muma*, a Királyerdőé: *Pădurea Crajului* és a Gyalui Havasé: *Gilău*.

[2] ROZLOZSNIK PÁL: A «Macskamező»-típusú vasmangánércek elterjedése Erdélyben. Földtani Közlöny. XLIX. (1919) p. 21.





- Kristályos pala — Kristalline Schiefer
- Gránit — Granit
- Alsóperm konglomerát — Unterpermisches Konglomerat
- Alsóperm homokkő és pala — Unterpermische Sandsteine u. Schiefer
- Alsó kvarcos porfir — Unterer Quarzporphyr
- Felső kvarcos porfir — Oberer Quarzporphyr
- Kvarcos porfirit-diabáz — Quarzporphyrit-Diabas
- Felsöperm konglomerát — Oberpermisches Konglomerat
- felsöperm homokkő és pala — Oberpermische Sandsteine u. Schiefer
- Alsó triász pala és dolomitos pala — Untertriassische Schiefer u. Dolomit Schiefer
- Szürke dolomit és sötét mészkő — Grauer Dolomit und dunkler Kalk
- Dolomit és fehér mészkő — Dolomit und heller Kalk
  (Anizuzi emelet — Anisische Stufe)
- Felső anizuzi s ladin emelet — Ober anisische u. ladinische Stufe
- Karni emelet — Karnische Stufe
- Nori emelet — Norische Stufe
- Felső norikum és reticum — Oberes Noricum und Rhät.
- Liasz (Kodru), liasz + dogger (Bihar) — Lias im Kodru, Lias + Dogger im Bihar
- Dogger + malm a Béli hegységben — Dogger + Malm im Beler Gebirge
- Malm a Biharban — Malm des Bihar
- Bauxit szint — Bauxitniveau
- Alsó kréta — Untere Kreide
- Biharfüredi breccsa — Breccie von Biharfüred
- Erupcios közetek — Eruptiva
  (Felső kréta — Obere Kreide)
- Pannoniai s negyedkori üledékek — Pannonische u. quartäre Ablagerungen

- Áttolodások — Überschiebungen
- Vetődések — Verwerfungen
- 1. Bihari facies — Fazies des Bihar
- I. Nagyaradi egység — Einheit des Nagyarad
- II. Tárkánykai lenyesett takaró — Scherdecke von Tárkánya
- III. Mómai lenyesett takaró — Scherdecke der Móma
- IV-V Fericsei lenyesett takarók — Scherdecken von Fericse
  (Béli facies egységek — Einheiten der Beler Fazies)

hogy az Erdélyi Medence helyén a variszkusi hegyképződés idejében ősrégi hegységet tételez fel, amelyre az «erdélyi centrális ősi hegység» nevet javasolta.[1]

Látjuk tehát, hogy az alpesi-kárpáti orogén egyenlőtlen összetételű területen fejlődött ki, amelyen tektonikailag kevésbbé merev, mozgékonyabb öveken belül tektonikai értelemben vett merevebb tömegek is helyet foglaltak. Az alpesi-kárpáti orogén területének permelőtti egyenlőtlen felépítése folytán a különböző területeken az alpesi geoszinklinális kiképződése is különböző módon következett be. A Nyugati-Alpeseket leginkább jellemző pennini facies egységet, amelyben mélytengeri lerakódásokat sejtenek, az Északnyugati Kárpátokban már nem tudjuk kimutatni[2] a geoszinklinális, tehát elsekélyesedett, az erdélyi területen pedig egyes ágakra, részletgeoszinklinálisokra bomlott fel.

Utóbbi elképzeléssel bizonyos tekintetben visszatérünk a PETERS—MOJSISOVICS-féle «keleti szárazulat»-hoz,[3] vagy még inkább POMPECKJ «keleti sziget»-éhez,[4] amelyből az id. LÓCZY-féle elgondolás is sarjadzott. E mellett nem szabad elfelejtenünk, hogy POMPECKJ minden tektonikai vonatkozás nélkül csak a liasztenger partvonalainak megállapítását kísérelte meg irodalmi adatok alapján.

A tágabb értelemben vett Bihar-hegységben két mezozoóskorú

---

[1] PÁVAI-VAJNA FERENC dr.: A magyar szénhidrogénkutatások eddigi tudományos eredményei. Bányászati és Kohászati Lapok. LIX. 74. kötet. 1926. p. 376.

[2] Ebben a tekintetben tehát egyetértek STRECKEISEN A. nézetével, amely szerint ismereteink jelenlegi állása mellett kizárt dolog, hogy az Alpesekben felismert takarókat a Kárpátok kristályos pala- és mezozoóskorú tömbjein át a Kárpátok egész ívén át követni lehessen. L. STRECKEISEN A.: Tektonik des Karpathenbogens. Geologie en Mijnbouw. XIII. 1935. p. 2. (Különlenyomatban.)

[3] K. F. PETERS: Bemerkungen über die Bedeutung der Balkan-Halbinsel als Festland in der Liasperiode. Sitzungsbericht d. k. Akademie der Wissenschaften. Wien, 1863. XLVIII. I. Abt. p. 418.

E. v. MOJSISOVICS: Grundlinien der Geologie von West-Bosnien und Türkisch-Kroatien. Jahrbuch der k. k. Geologischen Reichsanstalt. XXX. 1880. p. 178.

[4] J. F. POMPECKJ: Pal. und strat. Notizen aus Anatolien. Zeitschrift d. Deutschen Geologischen Gesellschaft. 1797. p. 713.

EGYETEMI KÖNYVTÁR FOLYÓIRATOK SZEGED

részletgeoszinklinális vonult át. A biharinak jelölhető geoszinklinális helyzetét a Béli-hegység és a Királyerdő-Bihar mezozoós lerakódásai rögzítik, a másiknak lefutását pedig a Tordától Lippáig követhető erdélyi érchegységi vonulat jelzi.

A két részletgeoszinklinálisból keletkezett hegyszerkezetben két tektonikai főirány érvényesül. Míg a bihari geoszinklinálisból keletkezett hegyszerkezeti egységek vezérlővonalai az Északkeleti Kárpátok vonulásával párvonalasak, a Déli Bihar- és Hegyes-Drócsa hegyszerkezeti egységei és az erdélyi érchegységi vonulat vezérlővonalai már a Déli-Kárpátok irányával egyeznek meg.

Az ebből az elrendezésből kialakult hegyszerkezet főbb jellemző vonását a táblamelléklet földtani térképen ábrázoltam.

A földtani térkép alapjául a m. kir. Földtani Intézet által a közelmultban kiadott 1:500,000 méretű erdélyi lap szolgált. A hegyszerkezeti taglalást általában csak azokon a területeken vittem keresztül, amelyeket — legalább átnézetesen — magam is tanulmányoztam.

A Déli Bihar, Móma és a Hegyes-Drócsa északi peremének tektonikai értelmezése saját kutatásaim eredménye, a Középső és Északi Bihar, végül a Kodruhegységé pedig a Szontágh Tamás és Pálfy Móric kartársaimmal végzett együttes kutatásokon alapul. Az Északi Bihar nyugati pereme Fericse és Dobrosd közé eső részének részlettektonikáját tisztán Pálfy Móric bogozta ki [1] s ezt tőle vettem át. A Királyerdő Dobrosd és Püspökfürdő közötti peremének tektonikai értelmezése pedig nagyrészt csak Szontágh Tamás és Fisch Walter munkáiban található adatok alapján történt.

Az erdélyi érchegységi vonulatban csak az idősebb képződményekre nyugodtan települő felsőkrétarétegeket a gyűrt flistől elválasztó határvonalnak vázlatos kijelölésével elégedtem meg.

---

[1] Pálfy Mór: Geológiai jegyzetek a Biharhegységből. A m. kir. Földtani Intézet Évi jelentése 1913-ról. p. 208.

Pálfy Mór: Geológiai jegyzetek a Biharhegység és a Királyerdő csatlakozásáról. A m. kir. Földtani Intézet Évi jelentése 1915-ről. p. 278.

I. Az Északi- és Középső-Bihar, Királyerdő és Béli-hegység (Kodru-Moma) hegyszerkezete.

A bihari geoszinklinálisból keletkezett hegységrészek szerkezetének részleteit a táblamelléklet két szelvényében érzékeltettem.

Végigtekintve ezeken a szelvényeken azt látjuk, hogy a hegyszerkezeti képet pikkelyesen egymásra tolt lenyesett takarók jellemzik. A középső Béli-hegységben — a Vlegyásza irányában a Biharban is — három-három egymásra helyezkedő hegyszerkezeti egységet lehet megkülönböztetni. A Béli-hegységben a legfekvőbb Nagyaradvonulatra (I. a szelvényekben) a Tárkánykai takaró (II) és a Mómatakaró (III) egységei tolódtak rá, míg a bihari faciesterületre (1) a két fericsei takaró (IV—V) borul rá. Ezek az egységek azonban sem földtani felépítésüket, sem kiterjedésüket tekintve, nem egyenlő értékűek. Ha ugyanis földtani felépítésüket vizsgáljuk, szemünkbe ötlik az a körülmény, hogy a kristályos pala alaphegység csak a két hegység legfekvőbb, tehát egyszersmind legszélsőbb egységének földtani felépítésében vesz részt, a közbenső tagok legidősebb képződménye pedig a perm. A kristályospalákon nyugvó hegyszerkezeti egységek egyszersmind azáltal is kitűnnek, hogy az egész hegységen végigvonulnak s a mezozoikum teljes rétegsorozata csak bennük található meg.

Ezzel szemben a két szélső egységre rátolt takaróknak a felszín által metszett szelvényeiben túlnyomó a perm, a mezozoós sorozat többnyire nem teljes, és a szélső egységekben meglévő legfiatalabb tagok nagyrészt hiányoznak. A takarókat azonkívül a legtöbb esetben nem tudjuk az egész hegységen végigkövetni. Legkevésbbé teljesen a bihari fáciesegységre rátolt két fericsei takaró maradt fenn. Bár kétségtelen, hogy a felső rátolt egységek jelentékeny része éppen helyzetüknél fogva már nagyrészt az erózió áldozatául esett, mégis bizonyos esetekben, mint a béli középső egységnél, megállapíthatjuk, hogy mezozoós sorozata csapásban, az idézett esetben dél felé kimaradt.

Nem hiányoznak a főcsapás irányára merőlegesen álló harántundulációk sem. Egyik legfeltűnőbb nyilvánulása az északi Kodruban Belényestől nyugatra térképezett borzi antiklinális, amelyhez dél felé az úrmezői átbuktatott redő csatlakozik. Tovább Ny-ra a

nagyaradi vonulat alsó perm, mintegy embrionális lenyesett takaró alakjában tolódott rá a felső permre, mint ezt 1912. évi jelentésemben szelvényben bemutattam. (A m. kir. Földtani Intézet Évijelentése 1912-ről, 81. oldal.)

Nagyobb ívű harántundulációkat találunk a tulajdonképpeni Királyerdőben is.

Ami a különböző szerkezeti egységeknek a geoszinklinálisban elfoglalt eredeti helyzetét illeti, két nagyobb fáciesterületet, ú. m. a bihari és béli fáciesterületet különböztettünk meg. A bihari fácies csak a Királyerdőnek és Biharnak a kristályos palán nyugvó egységében található, valamennyi takaró már a béli fáciesben fejlődött ki. Míg a bihari fácies tengerpart közelében történt ülepedésre utal, a béli fácies a tengerparttól távolabb képződött üledékeket foglal magában. Ha teljesen részaránYos felépítésű geoszinklinálist tételezünk fel, akkor a béli fácieshez nyugat felől csatlakozva a bihari fácieshez hasonló összetételű ellenszárnyat kellene várnunk. Minthogy azonban a Béli-hegységhez nyugat felé csatlakozó régebbi hegység az alföldi tájakon teljes egészében a mélybe süllyedt, a geoszinklinális nyugati peremének kifejlődése ismeretlen.

A perm és mezozoikum összetétele a föld felszínén új tektonikai egységhez érkezve, ugrásszerűen változik meg, jeléül annak, hogy az áttolódásos szerkezet következtében jelentékeny kiterjedésű átmenetes geoszinklinálisrészek váltak hozzáférhetetlenné. A rhéti emeletben mutatkozó különbségeket PÁLFY MÓRIC értékes munkában ismertette,[1] triászkövületanyagunk előzetes meghatározását pedig KUTASSY ENDRE közölte több dolgozatban.[2]

---

[1] PÁLFY MÓRIC: A kösseni rétegek fácieskifejlődései és stratigrafiai helyzete a Bihar- és Bélihegységben. M. T. A. Mat. és Természettud. Értesítője. XLIII. 1926. p. 469.

[2] KUTASSY ENDRE: Triászkorú faunák a Béli- és Biharhegységből. U. i. XLV. 1928. p. 527.

KUTASSY ENDRE: Die Ausbildung der Trias im Moma-Gebirge. Zentralblatt f. Min. etc. 1928. Abt. B. p. 320.

KUTASSY ENDRE: Die Triasschichten des Béler- und Bihargebirges (Siebenbürgen, Ungarn) mit besonderer Rücksicht auf die stratigraphische Lage ihres Rätikums. Verh. d. Geol. Bundesanstalt. 1928. p. 217.

KUTASSY ENDRE: A heterastridiumok előfordulása a magyarországi triászban. M. T. A. Mat. és Természettud. Értesítője. XLVII. 1930. p. 387.

A béli fáciesű egységek triaszában a legnagyobbfokú eltérést a Móma triaszában ismertem fel. A takarók mezozoikumának már hangsúlyozott tökéletlen, hézagos megmaradása miatt a geoszinklinális üledékeinek teljes rétegsorozatát már nem tudjuk minden egyes egységben megállapítani. A Móma egységében pl. a jura nem maradt meg, a fericsei felső takarójában a permen kívül csak triász-dolomitot ismerünk stb.

A béli fáciesű geoszinklinális részek a jurakorszak végéig a bihari fáciesű peremi részekkel szemben mindenesetre mélyebb helyzetet foglaltak el. Ez a viszony a krétakorszak elején, úgy látszik, megváltozott.

A bihari fácies területén a jura- és krétakorszak között jelentkező kiemelkedési fázis után, amely — mint azt a Királyerdőben kimutattam [1] — bauxitelőfordulások képződésével járt, még igen tekintélyes vastagságú alsókréta rétegsorozat rakódott le, amelynek vastagságát Fisch W.[2] a Királyerdő É-i részében 600—1000 m-re becsülte. Ezzel szemben a béli fáciesterületről a kréta ismeretlen. Bár nem tekinthetjük teljesen kizártnak, hogy a krétarétegek hiánya a Béli-hegységben a továbbiakban még részletezendő tektonikai folyamatok eredménye, a jelenleg rendelkezésünkre álló feltárások tanúsága alapján mégis fel kell tételeznünk, hogy a béli fáciesterületen krétaüledékek már egyáltalában nem rakódtak le. Utóbbi nézetet elfogadva, arra kell következtetnünk, hogy az osztrák hegyképződési fázis előüteme gyanánt jelentkező fiatal kimmeriai kéregmozgások idejében geoszinklinálisunk képe lényegesen megváltozott. A béli fáciesterület a jura- és krétakorszak határán beállott általános kiemelkedés után szárazulati jellegét a kréta folyamán is megtartotta, míg a bihari fáciesű terület geoszinklinális jellegét visszanyerte s benne tekintélyes vastagságú krétaüledéksorozat rakódott le.

Kutassy Endre: Két új Indopecten-faj az erdélyi triászból. U. i. LIII. 1935. p. 498.

[1] Rozlozsnik Pál: Előzetes jelentés a bauxit előfordulási körülményeiről az északi Biharban (Királyerdőben). A m. kir. Földt. Int. Évi jelentése 1916-ról. Budapest, 1917. p. 450.

[2] Fisch, W.: Beiträge zur Geologie des Bihargebirges. Jahrb. d. Phil. Fakultät d. Univ. Bern. Bd. IV. Bern, 1924. p. 129.

Mindezek után következett be az alsó- és felsőkréta határán az ú. n. osztrák hegyképződési fázisban a bihari geoszinklinális üledékeinek takarók alakjában történő összetolódása.

Erről a hegyszerkezetről mindeddig jelentéseinkben csak részletszelvényeket közöltünk, az egész hegységet átfogó szelvények közlését s általánosabb kérdések tárgyalását a tervezett monográfiánk számára tartottuk fenn.

Felvételi eredményeink közlése óta lefolyt hosszú idő alatt azonban a Bihar hegyszerkezetével a jelentéseinkben lefektetett megállapítások alapján már több kutató foglalkozott.

STAUB R. felfogása abban a mondatban sűríthető össze, hogy ő az erdélyi felsőkréta-harmadkori medencét a Bihar-hegység embrionális állapotban megmaradt felső keletalpesi takarója előmélységének véli.[1]

PÁLFY M. és a magam véleménye leghívebben vázlatosan TELEGDI RÓTH KÁROLY l. tagunk könyvében található meg.[2]

KOBER L. elfogadja a bihar—béli parautochton takaróképződést[3] s úgy látja, hogy a Biharban a torda—lippai vonulat központi (centralida) egysége az ősi magyar tömegbe, tehát az ő közbenső (interida) főegységébe megy át. (L. c. p. 96.)

A részletekbe átmenve, a Béli-hegységnek és a Biharnak a táblamelléklet szelvényeiben ábrázolt hegyszerkezetére két főmagyarázat kínálkozik.

Az első magyarázatnál a Nyugati-Alpesekben kidolgozott séma szerint feltételezzük, hogy a takarórögök eredetileg a Bélihegységtől Ny-ra, a jelenlegi Alföld területén ülepedtek le.

Az áttolódás feltételezett mérve szerint ennél a magyarázatnál két eshetőséget kell szem előtt tartanunk. Az első esetben a takaróknak igen nagy kiterjedést tulajdonítunk, olyannyira, hogy azok eredetileg a Kárpátok külső ívébe nyomultak előre s ily módon a külső ív bizonyos egységei ennek a nagy takarónak eróziós maradványai volnának. Ily értelemben nyilatkozott már

---

[1] STAUB, R.: Der Bewegungsmechanismus der Erde. Berlin, 1928. p. 43.

[2] TELEGDI RÓTH K.: A magyar föld és az azt környező területek hegyszerkezetének kialakulása. Tud. Gyüjt. Pécs. 1929. p. 90.

[3] KOBER, L.: Das alpine Europa. Berlin, 1931. p. 87—96.

Uhlig V., amidőn a Nyugati-Alpesekben megfigyelt hegyszerkezeti sémát a Kárpátokra alkalmazta s e közben minden helyszíni vizsgálat nélkül az általa megkülönböztetett erdélyi takaró gyökértáját a bihari geoszinklinális területén kereste.[1] Uhlig V. nézetét újabban Popescu-Voitesti frissítette fel.[2] Vizsgálataink Uhlig V. sejtését csak annyiban igazolták, hogy a Bihar-hegycsoport jellemző hegyszerkezetének tényleg az áttolódásos szerkezetet ismertük fel. Én azonban már egyszerű térbeli és erőműtani meggondolások alapján is teljes lehetetlenségnek tartom, hogy a bihari geoszinklinális kissugarú íve a jelentékenyen nagyobb sugarú külső kárpáti ív valamelyik egységét szolgáltathatta volna. Hátramarad tehát a másik eset, amely szerint az Alföld felől a Nagyarad-egységen áttolt takarók a Bihart legfeljebb kis távolságra haladták túl, amikor is a takarók homloktája a fericsei takarók jelenleg ismert határánál természetesen K-ebbre volt.

Ilyértelmű szelvényt szerkesztett Mrazek L. azonnal szembeötlőleg a jelentéseinkben lefektetett adatok s különösen a Pálfy M. által közölt szelvények felhasználásával.[3]

Mrazek a Gyalui-Havasok és a Kodru kristályos pala tömegeit a közbenső egységhez tartozónak veszi s ennek eredeti üledékfedőjéül csak a bihari fáciest fogadja el. A Kodru perm-mezozoós-korú vonulatát s fericsei egységeinket egy alsó takaró képében foglalja össze. E fölé rajzol még egy felső hallstatti takarót, amely alatt nyilvánvalóan Móma-egységünket kell érteni. Utóbbit az Alföld táján feltételezett dinarida-ágból származtatja.

Mrazek fentiekben vázolt elképzelésével annyiban nem érthetek egyet, amennyiben a Kodru perm-mezozoós vonulatát annak kristályos-pala-talapzatával szervesen összefüggő egységnek ismertük fel. Alsó takarónak a tárkánykai és alsófericsei egységet

---

[1] Uhlig, V.: Über die Tektonik der Karpathen. Sitzungsbericht d. k. Akad. d. Wiss. CXVI. Wien, 1907. p. 971.

[2] P. Voitesti: Aperçu synthétique sur la structure des régions carpathiques. Revista Muz. Geol.-Min. al Univ. din Cluj, III. 1929. p. 15.

[3] Mrazek, L.: L'état de nos connaissances actuelles sur la structure des Carpathes roumaines. Sbornik. X. Praha, 1933. Pl. II., 2-ème interprétation.

(II. és IV. szelvényemben), felső takarónak pedig a Móma s felső fericsei egységünket (III. és V.) köthetjük össze, hacsak a felső fericsei egységet még az alsó takaróhoz nem számítjuk.

PÁLFY M. ugyanis a fericsei Magurán É—D-i irányban két egymásra rátolt fekvő redőt ismert fel, ez a fekvő redős szerkezet azonban DNy—ÉK-i irányban a térképezéséből már nem adódik ki s a távolabbi É és D-felé levő területen sem követhető. Ennélfogva inkább helyi összetorlódásnak látszik. Abból a tényből, hogy az áttolt takarók alól a bihari fácies vetősen határolt sasbércei ablakszerűen a föld felszínén előtűnnek, a fericsei takarók s különösen azok perm sorozatának csekély vastagságára kell következtetnünk.

Mindezeknél a bizonytalanságoknál fogva szelvényemben a Fericsei Magura mélységbeli rekonstruálásától eltekintettem.

A takarók összekötésénél szem előtt kell tartanunk azt a tényt, hogy a Béli-hegység a Biharhoz viszonyítva néhány száz méterrel lesüllyedt. A paleogén-korszak alatt létrejött elegyengetési térszínek ugyanis a Bihar-hegységben magasabb tengerszínfeletti helyzetet foglalnak el, mint a Béli-hegységben. A béli és bihari fácies közötti nagy különbség miatt fel kell tételeznünk végül azt is, hogy a Kodru fővonulata kristályos pala-aljával együtt ÉK felé, a bihari fáciesterületre bizonyos távolságra rá van csúsztatva.

Mindezek az összeköttetések az adott szelvények alapján oly könnyen foganatosíthatók, hogy eszményi szelvény melléklését feleslegesnek tartottam.

Ami az első magyarázatnak valószínűségét illeti, ennek a mechanizmusnak HEIM A. által megállapított sémája szerint [1] azt kellene várnunk, hogy a magasabb fekvésű takarókban a fiatalabb képződmények jussanak túlsúlyba, ami pedig a valóságban nincsen így.

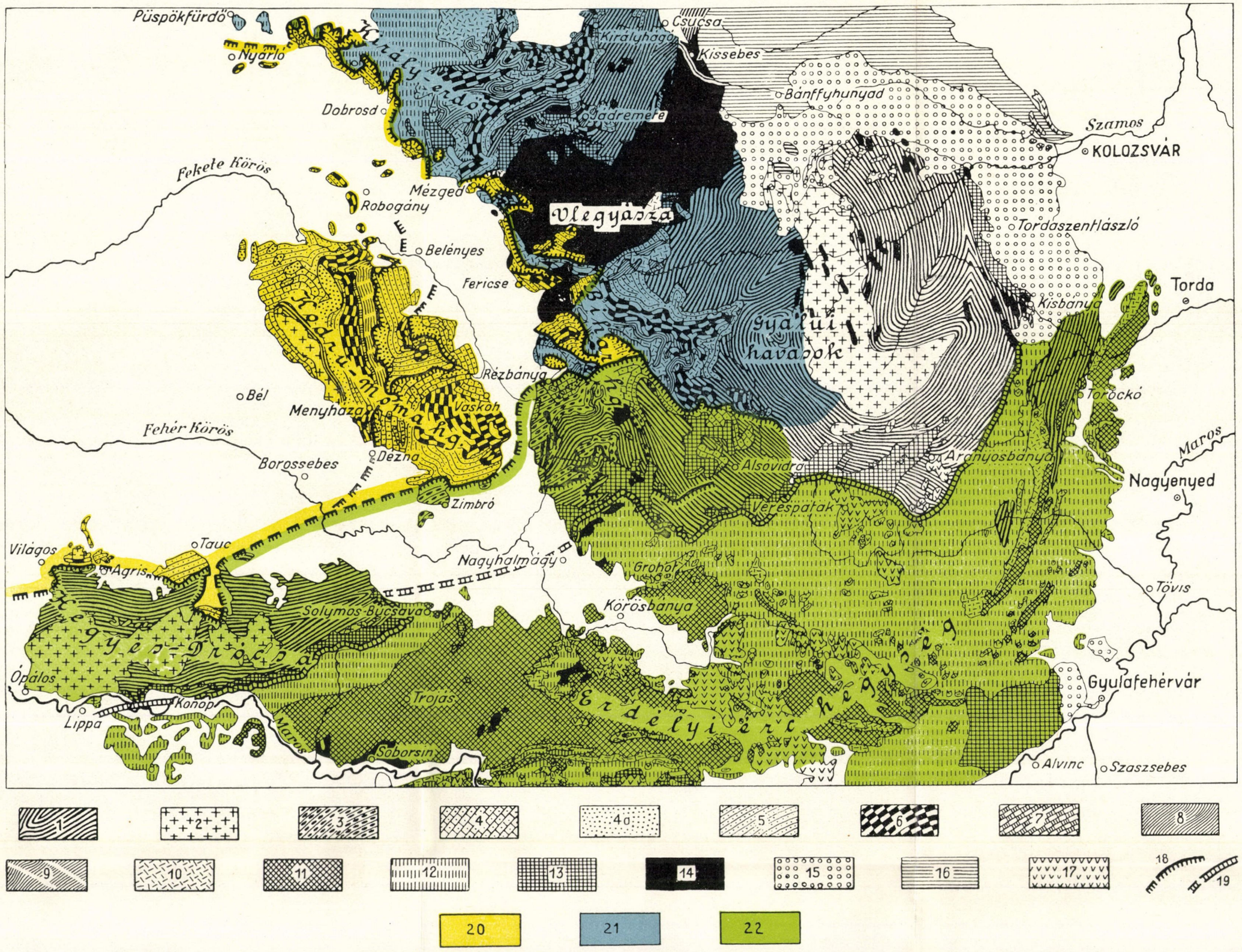
A másik magyarázatnál feltételezzük, hogy a lenyesett takarókat szolgáltató geoszinklinális-rész a Nagyarad-egység és a bihari fácies között foglalt helyet, ahonnan a bihari fáciesre K felé, illetőleg a Nagyarad-egységre Ny felé tolódott rá.

Ez volt a nézete PÁLFY MÓRICnak [2] s ily értelemben tárgyalja

[1] HEIM, A.: Geologie der Schweiz. Bd. II. 1. Hälfte. Leipzig, 1921. p. 28.

[2] PÁLFY M.: A kösseni rétegek fácieskifejlődései stb. p. 471.

1 = Kristályos pala s metamorf erupciós kőzetek.
Kristalline Schiefer und metamorphe Eruptiva.
2 = Gránit. — Granit.
3 = Felsőkarbon. — Oberes Karbon.
4 = Alsó perm. — Unteres Perm.
4/a = Alsópermkorú erupciós kőzetek.
Eruptiva des unteren Perm.
5 = Felső perm. — Oberes Perm.
6 = Triasz. — Trias.
7 = Liasz a béli fáciesben. — Lias der Béler Fazies.
8 = Liasz és dogger a bihari fáciesben.
Lias und Dogger der Biharfazies.
9 = Dogger és malm a béli fáciesben.
Dogger und Malm der Béler Fazies.
10 = Malm a bihari- és erdélyi érchegységi fáciesben.
Malm der Bihar- und Erzgebirgsfazies.
11 = Porfirit—diabázvonulat.
Porphyrit—Diaba zone.
12 = Alsó kréta a bihari és flis az erdélyi érchegységi fáciesben.
Untere Kreide der Biharfazies und Flysch der Erzgebirgsfazies.
13 = Felső kréta. — Obere Kreide.
14 = A granodioritsor kőzetei.
Gesteine der Granodioritserie.
15 = Paleocén és eocén. — Paleozän und Eozän.
16 = Oligocén. — Oligozän.
17 = Neogén erupciós kőzetek.
Neogene Eruptiva.
18 = Áttolódások. — Überschiebungen.
19 = A nem gyűrt kréta és a flis határvonala.
Grenzlinie der ungestörten Oberen Kreide und des Flysch.
20 = A béli fácies egységei.
Einheiten in der Béler Fazies.
21 = A bihari fáciesterület.
Biharfaziesgebiet.
22 = Déli tektonikai egységek.
Südliche tektonische Einheiten.


Püspökfürdő
Nyárló
Király-erdő
Dobrosd
Csucsa
Királyhágó
Kissebes
Bánffyhunyad
Jádremete
Szamos
KOLOZSVÁR
Fekete Körös
Mézged
Robogány
Vlegyásza
Tordaszentlászló
Belényes
Fericse
Torda
Kisbánya
Gyalui havasok
Kodru-Moma hg.
Rézbánya
Bél
Menyháza
Vaskoh
Torockó
Fehér Körös
Dezna
Borossebes
Alsóvidra
Aranyosbánya
Maros
Nagyenyed
Zimbró
Verespatak
Világos
Tauc
Agris
Nagyhalmágy
Grohot
Tövis
Solymos-Bucsava
Körösbánya
Hegyes-Dróczsa
Ópálos
Gyulafehérvár
Trojás
Konop
Lippa
Maros
Erdélyi érc hegység
Soborsin
Alvinc
Szaszsebes
1
2
3
4
4a
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22

a bihari geoszinklinális hegyképződését TELEGDI RÓTH KÁROLY l. tagunk is. (L. c. p. 91.)

MRAZEK L. ennek a magyarázatnak értelmében is szerkesztett szelvényt (l. c. 1-ère interprétation), amelyben az előbbi magyarázatnál már megemlített egységeket Ny felé irányított meredek pikkelyekben rendezi el.

MRAZEK eme elképzelése azonban nem felel arra a kérdésre, hogy mi történt a közbenső geoszinklinális-rész kristályos palaaljával? Láttuk ugyanis, hogy a lenyesett takarók felépítésében a kristályos pala nem vesz részt.

Ennek a körülménynek szem előtt tartásával a hegyképződés lefolyását következőképpen képzelhetjük el.

Az osztrák hegyképződési fázisnak kezdetén a béli fáciesterületnek K-i nagy része a most már nagyobb erővel ható oldalnyomás behatására kristályos pala fekvőjétől lenyíródott és ez az elválási sík a további összetolás folyamán a Bihari fáciesterület felé és a Kodru fővonulatának egysége (nagyaradi egység) felé is a föld felszínéig felszakadt. Ezt a folyamatot elősegíthette a béli fáciesterületnek az előzőkben valószínűvé tett s a fiatal kiméria hegyképződés által előidézett magasabb helyzete s a bihari fáciesterületnek földtani vázlatunkon jól feltűnő negyedköríves elrendezése is.

A lenyírás erőműtani előfeltételei közül megemlíthetők:

1. A perm és mezozoikum legtöbb tagjának merevsége, ami a mészkő-dolomit-homokkő tagok vastagpadosságának vagy tömeges kifejlődésének eredménye.

2. A perm és kristályos pala közötti diszkontinuitás, ami a permnek a kristályos palára való diszkordáns településéből ered.

3. Végül az a körülmény, hogy a hegyképződési folyamat a legkülső kéregrészben sekély mélységben ment végbe, ahol a rétegsorozat merevsége teljes mértékben érvényesülhetett.

A lenyesési folyamat legfontosabb következménye az, hogy a lenyesett rétegsorozat a lenyesési sík alatt elterülő mélyebb kéregrésztől független s tőle teljesen eltérő hegyszerkezetet nyerhet.

Ilyen lenyesési folyamatot először BUXTORF mutatott ki az Alpesek előhegységében, a svájci Jurában.[1] De jellemzők a lenyesett

[1] BUXTORF, A.: Zur Tektonik des Kettenjura. Mitt. d. Oberrh. Geol. Ver. 1907.

takarók a Keleti-Alpesek mészkőterületeire is, ahol a lenyírás a karni emelet szintjében következett be.[1]

Az összenyomás folyamán azután az előbb vázolt módon levált rétegtábla az elválási síkokon mindkét oldal felé áttolódott. Ez a folyamat, nevezetesen új áttolódási síkok felszakadása és a most már ezeken folytatódó áttolódás még egyszer megismétlődött.

Mellékelt ábrában (1. ábra) a folyamat három főfázisát óhajtottam vázlatosan érzékeltetni. Az ábra első rajza a bihari geoszinklinális alsó-krétavégi állapotát tünteti fel, amikor is a bihari fáciesterület mélyebb helyzetet foglalt el s az oldalnyomás behatására az áttolódási síkok már felszakadtak.

A tektonikai vázlat megszerkesztésénél — az egyszerűség kedvéért — feltételeztem, hogy a bihari fáciesterületen jelenleg megtalálható takarórögök csak eróziós maradványai az eredetileg összefüggő s a bihari fáciesterület nagy részét elfedő takaróknak.

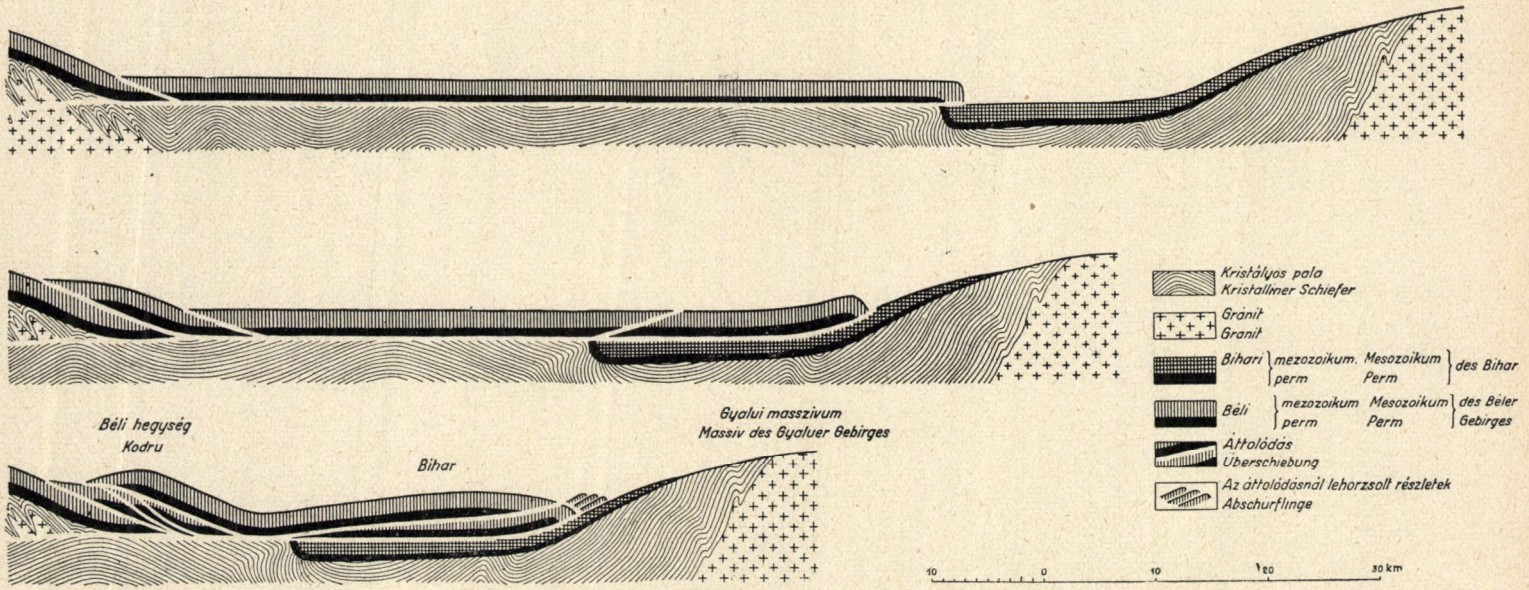
A tárgyalt két főmagyarázaton kívül azonban még egy harmadik változat is szóbakerül. Egy pillantás tektonikai térképünkre arról győz meg, hogy a takarórögökkel elfedett terület szélessége ÉNy felé csökken s a legfelső takaróegység erre felé kiékelődni látszik. Másrészről teljesen kizárt dolog, hogy a bihari geoszinklinális D felé rövid távolságon belül kiékelődött volna, már csak azért is, mivel a béli fácies daonellás paláit Világos és Ágris között jellegzetes kifejlődésükben találtam meg.

A bihari geoszinklinálisból keletkezett egységek déli eltűnésének az az oka, hogy — amint azt a következőkben még részletesebben kifejtem — délről É felé idősebb egységek, a déli egységek tolódtak át s a bihari geoszinklinális egységeit elfedik. A béli fácies egységei ilyenformán az ÉK-ről és D felől ható nyomás következtében mintegy ollónak két ága közé kerültek, és az ÉK-ről ható főnyomás mellett a D felől ható nyomás is igen erőteljes lehetett. Ilyen körülmények között közelfekvő az a gondolat, hogy a legmagasabb takaróegység eredetileg a geoszinklinális délebbre fekvő részében foglalt helyet s jelenlegi helyére csak a déli egységek hatása alatt bekövetkezett kipréselés és É-ra irányuló eltolódás révén került.

---

[1] SPENGLER, E.: Über die Länge und Schubweite der Decken in den nördlichen Kalkalpen. Geologische Rundschau. XIX. 1928. p. 2.

A lenyesett takaróképződés különböző szakaszai.
Etappen der Scherdeckenbildung.



1. ábra. — Figur 1.

Minthogy a béli fáciesből keletkezett hegységnek a föld felszínén csak kis kiterjedésű részleteihez tudunk hozzáférni, teljes biztonsággal már nem tudjuk eldönteni, hogy a felsorolt magyarázatok közül melyiket illeti meg az elsőbbség. Annyi azonban bizonyos, hogy a délről jövő nyomás tektonikai térképünk tanúsága szerint a bihari geoszinklinálisból keletkezett hegyszerkezetet is befolyásolta. A valóságban lefolyt hegyképző folyamatot pedig a legnagyobb valószínűség szerint második magyarázatunknak az utoljára tárgyalt változattal való kombinációval közelíthetjük meg.

A vázolt elképzelések mellett a takarók hézagos és szabálytalan kifejlődése könnyen érthető. A középső takaróegységek helyzetüknél fogva azonkívül helyi kihengerlődésen és összetorlódáson is átmentek.

A hegyszerkezet további jellemző vonása az, hogy a két szélső legfekvőbb egység felboltozódott, a takarórögök pedig nagyjában szinklinálisos, teknőszerű helyzetet foglalnak el.

Területünk krétavégi és harmadkori sorsára a későbbiekben még visszatérek.

II. A déli Bihar, Hegyes-Drócsa és torda-lippai vonulat hegyszerkezete.

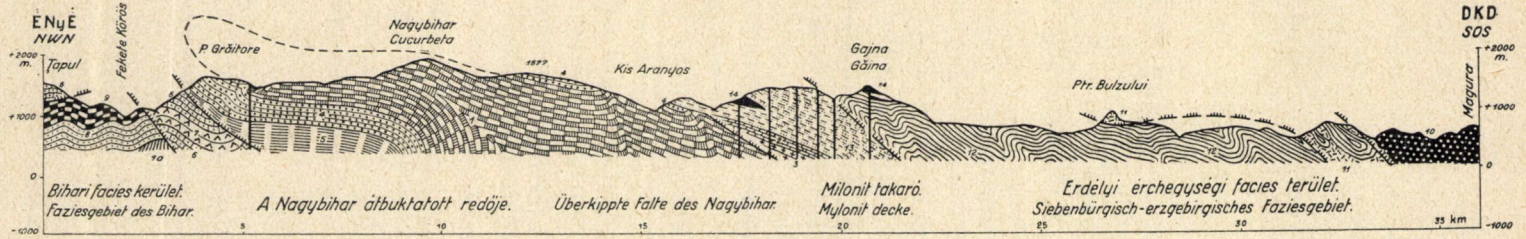
A déli egységek eltérő hegyszerkezete nemcsak a vezérlővonalak eltérő irányában jelentkezik, amely az É-i egységek vezérlővonalaira közel merőlegesen áll, hanem azoknak eltérő földtani felépítésében s hegyszerkezeti stílusában is.

Az É-i egységekre mindenekelőtt két permelőtti kőzetből alkotott egység borul rá, a Nagybihar átbuktatott redője [1] és a kevésbbé kifejlődött fillites-milonitos takaró.[2] Hasonlóan helyezkedik el a Hegyes-Drócsa permnél idősebb vonulata, amennyiben

[1] ROZLOZSNIK PÁL: Uj adatok a Nagybihar (Cucurbeta) metamorf kőzeteinek ismeretéhez. Földt. Közl. LXV. Budapest, 1935. p. 81.

[2] Minthogy azon a tájon, amelyen a III. sz. szelvényem keresztülhalad, az utóbbi takaró a föld felszínén nem bukkanik ki, azt a felsőkréta-rétegek fekvőjében a szomszédos szelvények szem előtt tartásával jelöltem ki.

Szelvény a Nagybiharon és Bulc-sziklán át.
Profil in der Richtung des Nagybihar und Piatra Bulzului.



1 = Albitos gneisz.
Albitgneis.

1/a = Kristályos pala.
Kristalliner Schiefer.

2 = Fillit.
Phyllit.

3 = Szemes gneisz.
Augengneis.

4 = Karbon konglomerát és homokkő.
Konglomerate und Sandsteine des Karbons.

5 = Karbon agyagpala.
Karboner Tonschiefer.

6 = Veres homokos pala.
Rote Sandschiefer.

7 = Kvarcos porfir és tufa.
Quarzporphyr und sein Tuff.

Alsóperm. Unteres Perm.

8 = Felsőperm homokkő és pala.
Oberpermische Sandsteine und Schiefer.

9 = Középső triasz dolomit.
Mitteltriassischer Dolomit.

10 = Porfirit-diabáz és tufája.
Porphyrit-Diabas und ihr Tuff.

11 = Malm.
Malm.

12 = Kréta-flis.
Kreideflysch.

13 = Felsőkréta.
Obere Kreide.

14 = A granodioritsor kőzetei.
Gesteine der Granodioritserie.

2. ábra. — Figur 2.

ez, amint az Tauc és Világos között látszik, a Nagyarad-vonulatnak már erősen Ny-ra elhajlított folytatására tolódott rá.[1]

Kiindulva abból a tapasztalatból, hogy az eddig tárgyalt északi és délbihari egységeken nem gyűrt felső krétarétegek települnek, az előbbi két délbihari egység É-nak történt átbuktatását, illetve rátolódását szintén középkrétakorú eseménynek, tehát az osztrák fázis eredményének kell tartanunk.

A tárgyalt két délbihari egységet D felől övező felsőkréta pászta után jutunk azután az erdélyi érchegységi fácies területére.[2] Ennek rétegsorozata, szelvényünk tanúsága szerint, É felé gyűrődött s áttolódott, aminek következtében D felé haladva, mind idősebb és idősebb tagok kerülnek a felszínre.

Minthogy az erdélyi érchegységi rétegsorozat a gosau-rétegekre gyűrődött, végleges kialakulása is csak gosau utáni lehet, tehát STILLE laramiai fázisához tartozik. Az előzők szerint azonban aligha lehet kétségünk aziránt, hogy a legdélibb terület kialakulásában a régebbi hegyképző folyamatok is szerepet játszottak.

A malmkorú szirtes mészkő és annak krétaburka között fennálló sztratigrafiai hézag ugyanis arra utal, hogy a bihari szinklinálisban a jura s kréta között megállapított kiemelkedés az erdélyi érchegységi geoszinklinálisban is hasonló módon jelentkezett. Hogy ezzel összefüggően, a fiatal kimeriai fázisban történt-e hegyképződés, ennek eldöntésére nem rendelkezem elég adattal. A kréta burokkőzetei ugyanis kitűnő rétegességüknél fogva az összetoló erők behatására erőteljesen összegyűrődtek, a tömeges, legfeljebb durván pados malmmészkő pedig ugyanazon erők behatására, mint a képződő antiklinálisok magja, külső részében inkább nagyobb rögökre darabolódott fel, mi mellett az egyes mészkőrögök a szirtburok közé jutva, annak mozgásában vettek részt. A szirtek krétaburka és a mészkőszirtek gyűrődési képében általánosságban tapasztalható diszharmoniát tehát, legalább is részben, a két sorozat eltérő kőzettani mineműségére kell visszavezetnünk.

---

[1] ROZLOZSNIK PÁL: Földtani megfigyelések a tágabb értelemben vett Bihar-hegycsoport különböző tagjaiban. A m. kir. Földt. Int. Évi jelentése 1914-ről. p. 288.

[2] V. ö. Hunyad vármegye és környékének geológiai és tektonikai térképe. A m. kir. Földt. Int. kiadása. Budapest, 1929.

Éppoly tájékozatlanok vagyunk az ausztriai hegyképző fázis szerepéről, főleg azért, mivel az erdélyi érchegységi fáciesterületet É-ról övező felsőkréta-pásztának csak az idősebb délbihari egységekre települő északi szárnyát ismerjük, míg déli partvonalának helyzetére nézve biztos adatunk nincsen. Tekintettel azonban arra, hogy a két idősebb délbihari egységnek áttolódása az ausztriai fázisba esik, joggal arra lehet következtetnünk, hogy az erdélyi érchegységi geoszinklinális felgyűrődése is ugyanebben a fázisban kezdődött.

A valóságban a kövületekben rendkívül szegény flisvonulat üledékeinek korát is csak részben tudjuk meghatározni. Ennélfogva csak annyit állapíthatunk meg, hogy a flis egy része kövületek alapján alsókrétakorú és hogy oly diszkordanciát, amely a flisvonulatnak alsó- és felsőkrétakorú tagokra való felosztását indokolná és lehetségessé tenné, még nem ismerünk. Kétségtelen azonban, hogy legalábbis a nyugodtan települő felsőkréta és a gyűrt flis határos területein a gyűrt flis-sorozatban még felsőkrétatagok is helyet foglalnak.[1]

A hegyképződés lefolyását talán leghívebben az alábbi elképzeléssel közelítjük meg.

Az osztrák fázis hegyképződési időszaka után a felsőkréta tenger fővályúja a Gyalui-havasok, déli Bihar és Hegyes-Drócsa déli peremén alakult ki. A laramiai hegyképződés alatt a tordalippai vonulat a jelenlegi szűk területére összenyomva erőteljesen felgyűrődött, miközben a felsőkréta-vályú lerakódásainak túlnyomó része oly magasságba tornyosodott fel, hogy a későbbi eróziónak teljesen áldozatul esett.

Ilie M. román geológus a közelmultban a Torda-Torockói hegység (M. Trăscău) tektonikai fejlődéstörténetének vázolása közben[2] egy ofiolitokból s tithonkorú mészkőből álló erdélyi érchegységi takaróról ír, amely a középső krétában keletkezett s

[1] V. ö. ifj. Lóczy Lajos: Adatok az Aranyosvölgy gosaui és flis képződményeinek ismeretéhez. A m. kir. Földt. Int. Évi jelentése 1916-ról. p. 290.

[2] Ilie, M.: Allgemeiner Überblick über die Geologie des Siebenbürgischen Erzgebirges und der Berge von Trăscău. Bul. Soc. Rom. de Geologie. II. Bucureşti, 1935. p. 47.

melynek mozgási irányát ÉNy—DK-inek jelöli.[1] ILIE M. ennek a takarónak keletkezését úgy képzeli, hogy a Gyalui-havasok permmezozoós korú rétegsorozata DK-i irányban lecsúszott. Ennél a folyamatnál a perm- és triászkorú felsőbb rétegösszlet visszamaradt, míg a fedőbb helyzetű tithon mészkőtakaró alakjában levándorolt.

Az előzőkben a Gyalui havasok Ny-i részének eredeti mezozoós fedősorozataként a bihari fáciest ismertük fel. Nem lehet tagadni, hogy az erdélyi érchegységi és a bihari fácies a malm és a krétaflis kifejlődésében bizonyos fokig rokon. Az erdélyi érchegységi fácies malmnál idősebb sorozatának kifejlődése azonban még jórészt ismeretlen. Fősajátsága a nagyszabású tengeralatti vulkánosság, amely jelentékeny tufás lerakodásokat is eredményezett. Ennek a vulkáni tevékenységnek a bihari geoszinklinálisban és a Gyaluihavasok területén még nyomára sem akadunk s ennélfogva nem tartom valószínűnek, hogy az említett vulkáni tevékenység idejében a bihari és erdélyi geoszinklinális között teljes tengeri összeköttetés állott volna fenn, és hogy az ofiolit-tithonmészkőtakaró eredetileg a Gyalui-havasok mezozoós üledéktakaróját alkotta volna.

Az előző fejtegetések alapján a bihari és erdélyi érchegységi geoszinklinálisból keletkezett hegyszerkezet különböző stílusa részben a két geoszinklinális már eredetileg is különböző térbeli helyzetének, részben pedig különböző földtani összetételének eredménye. Úgy kell azt elképzelnünk, hogy mind a két geoszinklinális lefutása már eredetileg is nagyjában a Kárpátok ívének megfelelő részeihez volt hasonló, természetesen a jelenleginél szélesebb ívű görbületekkel.

A belső bihari geoszinklinálisra elsősorban a Gyalui-havasok ősi tömege által továbbított délnyugati irányú nyomás hatott,

[1] Ismeretes, hogy a nyomás irányának megadása felfogás dolga. A francia iskola, amely közbenső tömeg létezését nem ismeri, úgy véli, hogy a nyomás általában D-ről E felé hatott. Ha azonban a közbenső tömeg létezését elfogadjuk, elképzelhetetlen, hogy pl. az ősi magyar tömegből jóformán minden oldal felé ható nyomás sugározhatott volna ki. Ennélfogva e tekintetben STILLE nézetét vallom, amely szerint a nyomás a merev keretből indult ki.

az erdélyi érchegység geoszinklinálist pedig a délkeletről s délről kiinduló oldalnyomás közvetlenebbül érte. Az utóbbi nyomás a Gyalui-havasnak gránitintruziója által megmerevített s már ÉNy-ról jött nyomás által megtámasztott tömegén megtorpant.[1] Az e tömeghez délnyugat felé csatlakozó és metamorf-kőzetekből felépült földkéregrész (Déli Bihar és Hegyes-Drócsa), amelyben a bihari és az erdélyi érchegységi geoszinklinálisokat elválasztó geoantiklinálisos hátat kell látnunk, a délről jövő hatalmas oldalnyomásnak már nem tudott ellenállni, az átgyűrődési folyamatba bevonatott, miközben az eredetileg inkább délnyugati csapásra kelet-nyugati irányba fordult át. Ez az átformálás átterjed a bihari geoszinklinális üledékeinek a Hegyes-Drócsa északi oldalán Tauc és Világos között felbukkanó folytatására is.

Meg kell még jegyeznem, hogy a délbihari metamorf egységek a táblamellékleten feltüntetett áttolódási vonalak végződéseinél természetesen nem szűnnek meg. Minthogy azonban a Gyalui-havasok déli részét nem tanulmányoztam, az áttolódási vonalak követése kelet felé még a jövő feladata.

Érdekes megfigyelni, hogy a déli egységek hegyszerkezete az északi terület felépítéséhez milyen szemléltetően alkalmazkodik. A déli egységek ugyanis a Délbiharban hatolnak legmesszibbre észak felé, vagyis a bihari fáciesterület irányában, amely szinklinális mély helyzetét az alsókrétában is megtartotta. Az észak felé mozgó déli egységek e helyen a legkisebb ellenállásba ütköztek. A vonulási iránynak hirtelen változása a Gyalui-havasok gránittömegétől D-re az Erdélyi Érchegység porfirit-diabáz és szirtes mészkővonulatában is igen jól követhető.

---

[1] Ismeretes, hogy a közelmúltban elhúnyt kiváló petrografusunk, Szádeczky K. Gyula, a Gyalui-havasok gránitjának és kristályos paláinak koráról az itt képviselt felfogástól lényegesen eltérő nézetet fejtett ki. (L.: Erdély nyugati határhegységének képződése és kora. Földtani Közlöny. LVII. (1927) p. 188.) Be kell vallanom, hogy Szádeczky okfejtéseit nem tudom követni s az abból levont következtetéseket saját tanulmányaim alapján nem fogadhatom el. V. ö. Pálfy Móric: Krétakorú-e a Gyalui-Havasok kristályos paláinak metamorfózisa. Földtani Közlöny LVIII. Budapest, 1929. p. 35.

A krétakorszak végződésével a tágabb értelemben vett Bihar-hegycsoport hegyszerkezetileg megmerevedett s a harmadkorban a Kárpátok küslő ívét véglegesen kialakító fiatalabb alpesi gyűrődésekben már nem vett részt. Orogén fázisának mint egy záró epizódja a granodioritos sor kőzeteinek feltörése. A krétavégi granodioritos kőzetsorozat az Aldunától kiindulva, ÉK—É-i vonulási irányával a legkülönbözőbb hegyszerkezeti egységeket harántolja, tehát a kárpáti vezérlővonalaktól teljesen független irányt követ. Benne, Suess Edével együtt, hatalmas torziós repedésrendszert kell látnunk. A vonulat északi végződése táján a Vlegyászában, hatalmas tömegekben nyomult a föld felszínére. Nevezetes, hogy a granodioritos sor kitörései a jádremetei harántárkot É felé határoló faca-arszai törésen túl a Királyerdőben már nem fordulnak elő s éppúgy ismeretlenek a Béli-hegység egész területéről is.

*

Vessünk még egy rövid pillantást a Bihar-hegység harmadkori sorsára is. A kréta végével szárazulattá vált hegységünk szárazulati jellegét a paleogén folyamán végig megtartotta. Az ezen hosszú szárazföldi időszak alatt kialakult elegyengetési síkok különösen a mészkőterületeken maradtak fenn. A neogén kezdetén az addig még összefüggő hegytömbnek feldarabolása indult meg. Az Alföld területe lesüllyedt, ezzel kapcsolatban hegycsoportunkat tagozó árkok is beszakadtak (Fekete- és Fehér-Kőrös árka). A fennmaradt hegységeket is számos vető és törés szabdalta fel, ezeknek feltüntetésétől földtani térképünkön, annak kis mérete miatt el kellett tekintenem.

Az árkos beszakadásokat vulkáni működés is kísérte, s bennük a neogéntenger fokozatos térfoglalását követhetjük egészen a pannoniai emelet végéig.

*

Megismerkedve a tágabb értelemben vett Bihar hegységgé válásának legfontosabb mozzanataival, szenteljünk még néhány szót annak a kérdésnek a megvilágítására, hogy a Bihar a magyar ősi tömeghez milyen viszonyban áll? Említettem már, hogy a

torda-lippai vonulatot már id. Lóczy Lajos is alpesi típusú láncnak ismerte fel.

Ami pedig a bihari geoszinklinálisból keletkezett hegységeket illeti, mindenekelőtt meg kell állapítanom, hogy hegyszerkezete eltér attól a típustól, amelyet Stille az Alpesek középeurópai előterére jellemzőnek talált és amelyet germán vagy szász (saxoniai) hegyszerkezeti típusnak keresztelt el.[1]

A germán hegyképződésnek főmegnyilvánulási alakja a töréses gyűrődés s ennél kisméretű takarók képződésére is csak kivételesen került sor. Ezzel szemben a bihari geoszinklinálisból keletkezett hegyszerkezetre a lenyesett takarók képződése jellemző. Továbbá, míg a germántípusú hegyképződésnél a legfontosabb hegyképző-folyamatok a kimmeriai és subhercin fázisban következtek be, a bihari geoszinklinális összetolódása az alpesi hegyszerkezetet jellemző osztrák fázis eredménye. Láttuk különben, hogy az erdélyi és a bihari geoszinklinális hegységgé válása oly szerves összefüggésben áll egymással, hogy itt eltérő fázisokról aligha lehet szó.

A bihari és az erdélyi érchegységi geoszinklinálisból keletkezett hegyszerkezet létrejötténél csak az ó-alpesi hegyképző-folyamatok működtek közre, míg a Kárpátok külső ívét tovább alakító közép- és újalpesi hegyképző-folyamatok idejében hegytömbünk már a merev tömegek szerepét játszotta.

A kárpáti láncoknak és az ősi magyar tömegnek éles szembeállítása már idejét múlta. A jövő fejlődése véleményem szerint azt írja elő, hogy az alpesi hegyképződés által keletkezett hegységeken belül az ó-, közép- és újalpesi fázis termékeinek elkülönítésére törekedjünk. Erre nézve pedig a Kárpátok rendszere, ahol az alpesi hegyképződés időben és térben kifelé történt vándorlásának törvénye teljes mértékben érvényesült, elsőrangúan alkalmas terület.

Kétségtelen, hogy a Béli-hegység és a Bihar hegyszerkezete lényegesen bonyolultabb, mint a Bakonyé és a Budai-hegységé. Ily körülmények között nézet dolga, hogy a Béli-hegységben és a

[1] H. Stille: Die saxonischen Brüche. Abhandlungen der Preuss. Geol. Landesanstalt. N. F. Heft 95. Berlin, 1923—1925. p. 150.

Biharban a közbenső ősi magyar tömeg erősebben összetolt külső, avagy a központi egység kevésbbé bonyolult belső övének tekintsük-e.

Véleményem szerint az utóbbi felfogás jogosultabb s ily értelemben a Béli-hegységet s a Bihart a krétavégi Kárpátok ama belső öve egyik részének tekintem, amely az óalpesi hegyképződés után az ősi magyar tömeghez csatlakozott s ezentúl már utóbbinak további sorsában osztozott.

(A M. T. Akadémia III. osztályának 1936. márc. 16-án tartott üléséből.)

DIE TEKTONISCHE STELLUNG DER BIHARGEBIRGSGRUPPE (MTII APUSENI) IM KARPATHENSYSTEM.

Von PAUL ROZLOZSNIK.

Tafel I—II.

Das alpin-karpathische Orogen hat seine Ausgestaltung auf einem, was Mobilitätsgrad anbelangt, ungleichförmig zusammengesetzten Gebiet erlangt, demnach auch die Anlage der alpinen Geosynklinale verschiedenartig erfolgt ist. Die penninische Fazies kann bereits in den Nordwestkarpathen nicht mehr aufgefunden werden, die Geosynklinale hatte daher hier an Tiefe verloren. Im Siebenbürgischen Gebiet scheint aber eine Auflösung der Geosynklinale in Teilgeosynklinalen stattgefunden zu haben.

Im Bereiche der Bihargebirgsgruppe [1] ist das Durchstreichen zweier mesozoischen Teilgeosynklinalen zu erkennen. Der Verlauf der W-lichen Geosynklinale, die als Bihargeosynklinale bezeichnet werden soll, wird durch das Mesozoikum des Béler- (Kodru-Moma) Gebirges, des Királyerdő und des Bihars fixiert, jene der Ö-lichen, erzgebirgischen Geosynklinale durch den Torda-Lippaer mesozoischen Zug.

Ein Blick auf die beigefügte tektonische Übersichtskarte belehrt uns darüber, dass die Leitlinien des aus der Bihargeosynklinale entstandenen Baues den Nordostkarpathen parallel ver-

[1] Der rumänische Name der Bihargebirgsgruppe ist: Mtii Apuseni, jener des Bihar: Bihor, des Béler Gebirges: Codru-Muma, des Királyerdő: Pădurea Craiului und jener des Gyaluer Gebirges: Gilău.

laufen, während jene des Torda-Lippaer Zuges den Verlauf der Südkarpathen kopieren.

Innerhalb der Bihargeosynklinale wurden von uns[1] seinerzeit zwei Hauptfaziesgebiete, jenes der ufernahen Biharer Fazies und jenes der uferferneren Béler Fazies unterschieden. Ob und wo im Westen ein der Biharer Fazies analog ausgebildeter Gegenflügel vorhanden war, entzieht sich gegenwärtig der Beobachtung, da das ältere Gebirge in seiner Gänze im Bereiche des Alföld versunken ist.

Der Gebirgsbau der aus der Bihargeosynklinale entstandenen Gebirge wird, wie es aus der Profiltafelbeilage erhellt, durch etwa vom Graben der Schwarzen Kőrös aus nach W und O gerichtete Scherdecken gekennzeichnet. Der Nagyaradeinheit (I) sind die Scherdecken von Tárkányka (II) und der Moma (III), dem Biharer Faziesgebiet (1) die zwei Fericseer Scherdecken (IV—V) überschoben.

Sämtliche Scherdecken sind in der Béler Fazies entwickelt, lassen aber unter sich gleichfalls kennzeichnende Unterschiede erkennen, welche Unterschiede sich zu einer neuen Einheit angelangt sprungweise melden. Eine vollständig erhaltene Schichtenfolge ist nur in den beiden äusseren Einheiten (I und 1) vorhanden, nur sie besitzen einen Kristallinischen-Schieferuntergrund und nur sie lassen sich dem ganzen Streichen entlang kontinuierlich verfolgen. Demgegenüber bildet in den Scherdecken das Perm das tiefste Schichtenglied und herrscht auch sonst in ihrer Zusammensetzung vor. Die mesozoischen Schichtenglieder sind oft verdrückt und der Jura kann teilweise oder gänzlich fehlen.

Das Béler Faziesgebiet hat allenfalls gegenüber der Biharfazies im Geosynklinalraum eine tiefere Lage eingenommen.

---

[1] Die Grundlage der folgenden Erörterungen bilden jene Studien, die vom Verfasser vor und während dem Weltkrieg teilweise in der Gesellschaft seiner nunmehr verstorbenen Kollegen TH. v. SZONTAGH und M. v. PÁLFY nahezu ein Jahrzehnt hindurch vorgenommen wurden. Vorläufige Berichte über die Ergebnisse unserer Studien sind in den Jahresberichten der kgl. ung. Geol. Reichsanstalt erschienen. Die sonst hier zitierten Arbeiten sind den Fussnoten des ungarischen Textes zu entnehmen.

Dieses gegenseitige Verhältnis hat an der Jura-Kreidewende eine wesentliche Veränderung erfahren. Im Bereiche des Béler Faziesgebietes bilden die Malmschiefer das jüngste mesozoische Glied. Im Bereiche des Biharer Faziesgebietes stellte sich an der Jura-Kreidewende gleichfalls eine vorübergehende, durch das Auftreten von Bauxit gekennzeichnete Trockenlegung ein, hierauf ist aber noch die Ablagerung der unteren Kreide erfolgt, deren Schichtenmächtigkeit im Királyerdő von W. Fisch auf 600—1000 m geschätzt wurde.

In der austrischen Phase ist dann der Zusammenschub der Bihargeosynklinale erfolgt.

Zur Deutung der in der Profiltafelbeilage dargestellten Verhältnisse bieten sich uns zwei Erklärungsmöglichkeiten. Bei der ersten wird die Herkunft der Scherdecken W-lich vom Béler-Gebirge, in der versunkenen Region des Alföld gesucht, wobei zwei Alternativen in Frage kommen:

a) Die Scherdecken bilden den wurzelnahen Teil der Siebenbürgischen Decke von V. Uhlig, eine Ansicht die vor kurzem von Popescu-Voitesti neu aufgegriffen wurde. Mir scheint es aber schon auf Grund räunlich-mechanischer Überlegungen ausgeschlossen, dass der innere, kurze Bogen der Biharsynklinale eine tektonische Einheit des einen bedeutend grösseren Radius besitzenden äusseren Karpathenbogens liefern hätte können.

b) Die Stirnen der Scherdecken haben den gegenwärtigen Erosionsrand nicht wesentlich überschritten, waren daher nur auf die Bihargebirgsgruppe beschränkt. Diese zweite Alternative wurde bereits von Mrazek in einem schematischen Profil dargestellt, wobei aber das Mesozoikum der Nagyaradeinheit von ihrer kristallinen Schieferunterlage als untere Scherdecke getrennt wird, eine Ansicht, der nicht beigepflichtet werden kann. Meiner Auffassung nach könnte nur die Verbindung der Einheiten II. und IV. als untere, und jene der Einheiten III. und V. als höhere Scherdecke in Frage kommen, wobei auch mit einer Überschiebung der Nagyaradeinheit auf das Biharfaziesgebiet gerechnet werden muss. Bei der Rekonstruktion des primären Baues darf ferner nicht vergessen werden, dass in Betrachtnahme der tieferen Lage der alten Verebnungsflächen im Béler-Gebirge, letzteres im Verhältnis zum

Bihargebirge um einige hundert Meter relativ gesunken ist. Nach dem für diesem Mechanismus von A. HEIM gegebenen Schema müsste man aber erwarten, dass in den höheren Deckeneinheiten sukzessive die jüngeren Schichtenglieder in Vorherrschaft gelangen, was bei uns nicht zutrifft.

Bei dem zweiten Erklärungsversuch, der auch von M. v. PÁLFY vertreten wurde, wird der Ablagerungsraum der Scherdecken zwischen die Nagyaradeinheit und das Biharer Faziesgebiet verlegt. MRAZEK hat auch diese Möglichkeit in einem schematischen Profil veranschaulicht, das aber das Fehlen der kristallinen Schieferunterlage in dem Decken nicht erklärt. Eine schematische Darstellung des Mechanismus wird in der Figur 1. versucht, wobei aus der höheren Lage des Béler Faziesgebietes in der unteren Kreide ausgegangen wird.

Bei einem jedwegen Erklärungsversuch darf aber auch der Einfluss des von S wirkenden Druckes nicht ausser Acht gelassen werden. Unser tektonisches Kartenbild weist darauf hin, dass die höchste Scherdecke nach N zu sich auskeilte, auch ist das Hegyesdrócsa-Gebirge den Daonellenschiefern der bereits nach W abgebogenen Nagyaradeinheit aufgeschoben. Da es ferner ausgeschlossen erscheint, dass die Biharer Geosynklinale nach S zu sich plötzlich ausgekeilt hätte, muss man auch mit der Wahrscheinlichkeit rechnen, dass die höchste Scherdecke den ausgepressten Inhalt der Fortsetzung der Bihargeosynklinale darstellt. Die grösste Wahrscheinlichkeit möchte ich einer Kombination des zweiten Erklärungsversuches mit der letzteren Variation zuschreiben.

Allenfalls wird der aus der Bihargeosynklinale hervorgegangene Gebirgsbau durch die Aufwölbung der beiden äusseren Einheiten und die synklinale Lage der Scherdecken gekennzeichnet.

Im Süden folgen im erzgebirgischen Streichen vorerst zwei aus vormesozoischen Formationen zusammengesetzte Einheiten: die überkippte Falte des Nagybihar und die nur rudimentär verbliebene Phyllit-Mylonitdecke.[1] (S. Figur 2.) Eine gleiche Lage

[1] Auf der tektonischen Kartenbeilage wurden diese beiden älteren Einheiten im Osten nur so weit abgeschieden, als es dem Verfasser auf Grund eigener Studien möglich war.

besitzt, wie erwähnt, im W das Hegyes-Drócsagebirge. Die Nordverfrachtung dieser beiden Einheiten muss in Anbetracht der sie im S umsäumenden ungestörten Oberkreide, in die austrische Phase gesetzt werden.

Dem Oberkreidesaum ist dann der Inhalt der Erzgebirgsgeosynklinale nach N zu überfaltet und überschoben, wonach der erzgebirgische Bau seine endgültige Ausgestaltung in der laramimischen Phase erhalten haben muss.

Von M. Ilie wurde vor kurzem im östlichen Erzgebirge eine mittelkretazische Decke unterschieden, die durch ein Abgleiten des permo-mesozoischen Schichtenmantels vom kristallinen Massiv des Gyaluer-Gebirges erfolgt wäre.

Nach Ansicht des Verfassers ist es unwahrscheinlich, dass zwischen den hier unterschiedenen Geosynklinalen ein mariner Zusammenhang vorhanden gewesen wäre. Beide Geosynklinalen besassen bereits ursprünglich einen mit den Karpathenbogen kongruenten Verlauf. Im Bereiche der Bihargeosynklinale gelangte hauptsächlich der durch das Massiv des Gyaluer-Gebirges übertragene NO—SW-Druck zur Geltung, der zu einer Unterschiebung des Biharfazies-Gebietes führte. Der von SO und S ausgehende Druck konnte das durch Granit versteifte Massiv des Gyaluer-Gebirges nicht bewältigen, während die SW-liche Fortsetzung der Geoantiklinale der Gebirgsbildung einbezogen und ihr — ursprünglich wohl mehr NO—SW-liches Streichen — in die W—O-liche Richtung umgestellt wurde. Die Nordbewegung der S-lichen Einheiten passt sich dabei dem N-lichen Bau augenscheinlich an. Die S-lichen Einheiten dringen in der überkippten Falte des Nagybihar am weitesten nach N, also in der Richtung jenes Gebietes vor, das seinen Geosynklinalcharakter am längsten beibehalten hat. Diese Anpassung gelangt auch im Malm-Porphyrit-Diabaszug der erzgebirgischen Serie zum Ausdruck, deren vorerst zusammenhängender Zug nach W zu sich in die Klippenzone auflöst.

Der Abschluss der orogenen Phase wird gleichsam durch die Bildung der Granodioritlinie dokumentiert, deren Verlauf die unterschiedenen tektonischen Einheiten verquert und im Anschluss an E. Suess als Torsionsspalte gedeutet wird.

Die Gebirgsbildung der Bihargebirgsgruppe schliesst sich daher sowohl in der Zeitlichkeit der gebirgsbildenden Phasen, als auch in ihrem Typus dem alpinen und nicht dem germanotypen Gebirgsbau an. Demzufolge ist die Bihargebirgsgruppe als eine innere Zone der Zentraliden, ein Stück altalpiner Karpathen zu betrachten, die an der Kreide-Eozänwende tektonisch erstarrte, sich der alten ungarischen Masse anschloss und von nun an das Schicksal derselben teilte.

(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften vom 16. März 1936.)

A TÁTIKA-CSOPORT BAZALTOS KŐZETEI.

MAURITZ BÉLA r. tagtól és H. F. HARWOOD-tól.

III. tábla.

A bakonyi bazaltos kőzetekkel két monográfia foglalkozott részletesen. HOFMANN KÁROLY:[1] «A déli Bakony bazaltkőzetei» című munkájában a balatoni bazaltos kőzetek nyugati csoportjait már nem tárgyalja, úgy hogy vizsgálatának köréből a Tátika-csoport kőzetei már kiesnek; e munkára mégis többször hivatkoznunk kell, mert igen számos esetben megvan a hasonlóság a Tátika-csoport kőzetei és egyéb balatoni bazaltos kőzetek között. VITÁLIS ISTVÁN:[2] «Adatok a Balatonfelvidék bazaltos kőzeteinek ismeretéhez» című értekezésében a bakonyi bazaltos kőzeteknek főképpen a kőzettani leírásával foglalkozik, míg «A Balatonvidéki bazaltok» című monográfiában[3] részletesen tárgyalja az összes kőzettani és földtani viszonyokat. A titánnak e bazaltos kőzetekben való elosztásával SOMMERFELDT ERNŐ[3] foglalkozott. A Szentgyörgy-hegynek különböző lávatakarókból való felépítését MAURITZ BÉLA és H. F. HARWOOD[4] tárgyalta. A bazaltos erupcióknak a Kabhegy északi oldalán való ismétlődéséről VITÁLIS ISTVÁN:[5] «Adatok a Kabhegy bazaltlávaömlésének megismétlődéséhez» című dolgozatában számol be.

A balatoni bazaltok zeolitásványaival MAURITZ BÉLA[6] foglal-

---

[1] M. kir. Földtani Intézet évkönyve. 1878. III. 337—525.

[2] Földtani Közlöny. 1904. **34.** 377—399.

[3] A Balaton tudományos tanulmányozásának eredményei. I. rész. 1909. Geológiai, petrográfiai, mineralógiai és ásvány-chemiai függelék.

[4] Der Basalt des Szentgyörgyberges in der Balatongegend. Math. und Naturwissenschaftliche Berichte aus Ungarn. Band 37. 1930.

[5] Mat. és Természettudományi Értesítő 1934. **50.** 520—529.

[6] Mat. és Természettudományi Értesítő 1934. **50.** 635—658.

kozott «A balatonvidéki bazaltok zeolitásványai» című dolgozatában. Miként lentebb látni fogjuk, a zeoliteknek igen nagy szerepük van a balatoni bazaltokban, éspedig nemcsak mint az üregekben fennőtt ásványoknak, hanem mint kimondottan kőzetalkotó ásványoknak is.

Jugovics Lajos a dunántúli bazaltokkal több értekezésében foglalkozik: «Az Alpok keleti végződése alján és a vasvármegyei Kis Magyar Alföldön felbukkanó bazaltok és bazalttufák»,[1] «Cordierit-tartalmú zárványok a sághegyi bazaltban».[2]

Jelen értekezésünkben a balatonfelvidéki bazaltoknak csak egy kisebb, de összefüggő csoportjával óhajtunk foglalkozni. Ez a Tátika-csoport, mely koszorúalakban öleli körül a zsidi medencét. Nyugaton a Tátikával kezdődik (413 m), a Farkashegy (377 m) nyergén átmegy a Prága-hegybe (364 m), melyből két ág indul ki: az egyik északnak haladva a Sarvalyhegyben végződik (292 m), ahol a kőbányában jól fel van tárva; a másik ág délkeletnek kanyarodva a Szebike (361 m), Öreglázhegy (344 m), Kislázhegy (369 m), Kávéhegy, Fertős (403 m) tetőin áthaladva a Mulatóhegyben (298 m) és Csócsahegyben (278 m), ill. a Kőorra- vagy Nagylázhegyben (404 m) végződik.

E bazalttakarók településviszonyait Vitális részletesebben tárgyalja; újabb feltárások alig vannak. Uzsamajortól nyugatra, az Öreglázhegyen Zsid község határában az 1914. évben kőbányát akartak nyitni és e helyen kutatásokat eszközöltek, melyekből friss megtartású kőzetanyag került a felszínre.

A fentjelzett területen Hofmann Károly már nem végzett kutatásokat, úgy hogy vizsgálataink Vitális kutatásaihoz csatlakoznak.

Külső megjelenésüket illetőleg e bazaltkőzetek kevéssé különböznek egymástól. Majd egészen sötétek, majd világosabbak; majd egészen tömöttek, majd némileg durvább szeműeknek látszanak. Szabad szemmel vizsgálva csak nagyon ritkán lehet más elegyrészt, mint az olivint felismerni; imitt-amott még megismer-

[1] I—II. rész. Földtani Intézet évi jelentése 1915. 49—73. és 1916. 63—76.

[2] Mat. és Természettudományi Értesítő. 51. 472.

hető az augit is; azonkívül természetesen jól láthatók a zeolitekkel kitöltött üregek és hólyagok, melyek e kőzetekben igen nagy szerepet játszanak.

A mikroszkóp alatt a következő elegyrészeket lehetett felismerni.

Az **olivin** gyakran az egyetlen makroporfiros elegyrész. Általában eléggé automorf; különösen a nagyobb szemek, amelyek 1—2·5 mm átmérőjűek, kristálylapokkal vannak határolva; a legtöbb esetben a közismert hatszögletű átmetszeteket láthatjuk; a kisebb szemek többnyire kevésbbé automorfok. Határozottan meg lehet állapítani, hogy a nagyobb olivinszemek helyenként széttöredeztek vagy pedig utólagosan lekerekedtek; ez a legömbölyödés csakis a magmatikus oldás eredménye lehet. Gyakran látunk az olivinszemekben alapanyag-zárványokat; e zárványokat Vitális a korrozióra vezeti vissza; e zárványok azonban nem egyszer szabályosan vannak elrendezve; a kristály a gyors növekedés alkalmával a különféle irányok szerint változó növekedési erőnek és sebességnek megfelelően alapanyagrészeket zárt magába be; ez alapanyagrészek földpátokat zárhatnak megint be magukba. Az olivin egyéb zárványai közül különösen fel kell említeni a pikotitet, magnetitet és a mállás folyamán keletkezett szerpentines és kloritos anyagokat. Olyan üvegzárványok, mint amilyeneket Hofmann Károly is lerajzolt, elég gyakran láthatók. (L. Hofmann Károly rajzát idézett munkájának 382. oldalán.)

Az olivin tengelyszöge $2V = 90°$ körüli értékeket ad; úgy látszik, hogy általában optikailag pozitív. A nagyobb, 1—2·5 mm-nyi és az apróbb, 200—300 μ olivinszemek aránya a különböző lelőhelyeken igen változó. Helyenként az olivinszemek kisebb halmazokká gomolyodnak össze.

Az olivin különféle elváltozásokat szenvedhet. Leggyakoribb bomlási folyamat a szerpentinesedés. Vannak olivinszemek, amelyekben a szerpentinesedés csak nyomokban figyelhető meg; máskor szerpentinerek járják át az olivint; a szerpentin rostos szerkezetű, a rostok hossziránya optikailag pozitív. Igen gyakori eset, hogy az olivinszem belseje teljesen friss és csak a kerületén 5—20 μ vastagságban szerpentinesedett; az a látszat, mintha az olivinszem a kerületén lemállott volna. A mállásnak egy igen sajátságos módja

volt megfigyelhető egy öreglázhegyi olivinen: a hatoldalú metszetben a (021) lappal párhuzamosan éles, egyenes, ill. lépcsős határvonalak láthatók; e határvonalaktól a csúcsok felé az olivin szerpentinesedett, míg befelé a kristály teljesen friss. Az olivin kloritosodása ugyancsak megfigyelhető, bár nem olyan gyakori jelenség; a keletkező kloritlemezek néha elég nagy méreteket érnek el (40—50 μ); optikailag negatív egytengelyűek, az interferenciaszínek magasak, a pleochroizmus a lemezek keresztmetszetében jól kivehető, a hosszanti irány c sötétebb zöld, a harántirány a világosabb zöld. A kalcitosodás helyenként ugyancsak megfigyelhető.

Vannak olyan olivinszemek, amelyek egyáltalában nem szerpentinesedtek, azonban a máskülönben teljesen üde szemecskék szegélye rozsdaszínű; e színeződés az olivinszemek pörkölődésének a következménye.

A **pikotit** zöldesbarnán áttetsző mikrolitjai rendesen az olivinben zárvány gyanánt foglalnak helyet; e mikrolitek négyszögletesek vagy L-alakúak; méreteik 4—16 μ között ingadoznak; gyakran az olivinben mintegy halmozódva vannak.

A **magnetit** természetesen általánosan elterjedt elegyrész, mely úgyszólván egy kőzetcsiszolatból sem hiányzott. A szemek nagysága igen változó. A legnagyobb szemek 250 μ átmérőjűek; e nagy szemek gyakran vázszerűek, az oktaédernek mintegy csupán csak a tengelyei és élei fejlődtek ki, a kristály tehát hézagos kialakulású. Ilyen vázakat különösen a Szebike némely példányaiban lehet látni. Máskülönben a nagyobb magnetitek (200—250 μ átmérővel) kevésbbé automorfok és az augit- és földpátkristályokat részben körülnőve félig magukba bezárják. A kisebb magnetitszemek (20—60 μ átmérővel) meglehetős automorfok; a mikroszkópi csiszolatban az oktaéderek három-, négy- vagy hatszögletű metszeteket adnak, melyek majd igen éles, majd pedig kissé bizonytalan vonalakkal vannak határolva. A tömöttebb szövetű kőzetekben a magnetitszemek igen apróak, 1—5—10 μ átmérőjűek és ekkor gyakran teljesen xenomorfok lehetnek. Ugyanabban a metszetben egymás mellett lehetnek az élesen automorf 15—20 μ átmérőjű magnetitoktaéderek és a hasonló nagyságú teljesen alaktalan szemek. A magnetit rendesen egyenletesen van a kőzet-

ben eloszolva; ritkán láthatjuk azt a jelenséget, hogy a szemecskék apró halmazokká vannak csoportosítva. Nagyon gyakoriak a magnetit különféle növekedési vázai; e vázak fogazott rudakat és rácsos képleteket alkotnak; utóbbi esetben egy 3—4 μ vastagságú magnetitlécre hasonló vastagságú pálcikák nőttek merőlegesen reá. Gyakoriak a fenyőfára emlékeztető vázszerű képletek, melyek csupa pirinyó magnetitoktaéderből vannak felépítve; megint máskor az oktaéderek két egymásra merőleges irányban helyezkednek el; a háromszögletű léces képződmények ugyancsak gyakoriak. A változatosság e tekintetben szinte korlátlan. A salakos alapanyagú kőzetekben a magnetitek a legerősebb nagyításnál is csak pontszerű részecskéknek látszanak; a magnetitvázak az ilyen kőzetekben hajszálvékony szálakból állanak, amint azt már más bakonyi bazaltokból Hofmann Károly is leírta és lerajzolta. (L. Hofmann idézett munkájában a XV. tábla 13. rajzát.)

Az **ilmenit** a balatoni bazaltok egyik legjellemzőbb ásványos elegyrésze; alig van itten bazaltfajta, amelyben ne volna kimutatható. Sajátságait már Hofmann helyesen állapította meg. A nagyobb lemezek teljesen opakok; a megfigyelt legnagyobb lemez átmérője 300 μ volt. E nagyobb lemezek csak többé-kevésbbé automorfok; néha augitot és földpátot zárhatnak be félig magukba; az ilmenit mintegy reánőtt az augitra és földpátra. Fekete rácsszerű tömegek alakjában is megfigyelhető; háromszögletű tollas-trichites halmazok ugyancsak előfordulnak. Az ilmenitnek barnásan áttetsző módosulata a **titánvascsillám,** melyet Hofmann Károly fedezett fel a balatoni bazaltokban. Az áttetsző szegfűbarna titánvascsillám lemezeinek átmérője eléri a 100 μ-t; azonban többnyire sokkal apróbbak, 15—20 μ átmérőjűek; vastagságuk csak 1—2 μ, a vastagabbak már opakok. Gyakran meg lehet figyelni, hogy ugyanannak a táblának vastagabb vége opak, míg a vékonyabb vége barnán áttetsző. E pirinyó táblák élesen automorfok lehetnek és ez esetben hexagonok, ill. egy irányban erősen megnyúltak. Azonban sokkal gyakoribbak a karélyos szegélyű lebenyek, melyek néha tömegesen egymás mellé sorakoznak vagy még gyakrabban sugarasan vagy pedig a rózsaszirmok módjára helyezkednek el; az ilyen pompás növekedési alakzatok különösen gyakoriak és jellemzőek azokra a bazaltos kőzetekre,

amelyeknek alapanyaga víztiszta izotrop alapanyagból áll; ilyen pl. a Szebike némely kőzete.

HOFMANN KÁROLY a szegfűbarnán áttetsző titánvascsillám sajátságait teljesen helyesen állapította meg; idézett munkájának 355. oldalán említi, hogy a titánvascsillámok «észrevehető dichroismust nem mutatnak», majd a 492. oldalon írja, hogy «a dichroismus észre nem vehető».

VITÁLIS ISTVÁN idézett munkájának 55. oldalán leírja a magnetites-ilmenites bazanitoidot (nála az ú. n. szigligeti típus); e helyen a következőket írja: «Nagyon jellemző erre az üveganyagra, hogy mindig többé-kevésbbé szabályosan elhelyezett ilmenit-tűket, ilmenit-trichiteket tartalmaz». (L. az I. tábla 1. ábráját.) A 62. oldalon ez ilmenit-tűket és trichiteket a következőképpen jellemzi: «E mikrolitok pleochroizmusa igen határozott: ε=barna, ω=sárga.» «Megfigyelésem szerint e trichitek, illetőleg tűalakú ilmenitkristályok, hosszirányban optikailag pozitív jellegűek és elég erős kettőstörésűek, ami némi ellentétben áll az eddigi kutatók adataival, akik az ilmenit kettős törését nem igen erősnek mondják. Ennek az az oka, hogy az ilmenitnek meglehetős erős kettős törése csak rendkívül vékony lemezekben válik észrevehetővé az erős abszorpció miatt. Az én vékony csíszolataimban is ott, ahol kevésbbé vékony részletek vannak, az ilmenit átlátszatlan, opak». «Nem csodálom e szerint, hogy HOFMANN KÁROLY tetemesen vastag csiszolataiban e képződményeket opaknak látván, azokat magnetit-trichiteknek tartotta. Tüzetesebb vizsgálat után azonban kimutatható, hogy ezek az opak vasérctűk is ilmenitek, mert egyes részeik, főleg hegyeik, ahol igen vékonyak, a jellemző pleochroizmust mutatják».

Miként láthatjuk, VITÁLISnak az ilmenittűkre vonatkozó megállapításai HOFMANN KÁROLY adataival egyáltalában nincsenek összhangban. HOFMANN helyesen figyelte meg, hogy a titánvascsillám egyáltalában nem pleochroos, továbbá, hogy a titánvascsillám jellemző barna színű. HOFMANN KÁROLYnak e megállapításait azóta más kutatók is megerősítették és a balatoni bazaltok számos csíszolatán tett megfigyeléseim ugyancsak igazolják HOFMANN megfigyeléseinek a helyességét. A titánvascsillám átlátszósága ugyanis nem függ a csiszolat vastagságától; a titán-

vascsillámot egyáltalában nem lehet olyan vékonyra csiszolni, hogy átlátszó legyen; a titánvascsillám akkor áttetsző, ha a lávából kellő vékony, 1—2 μ vastagságú lemezkékben válik ki. A kérdés már most az, hogy a VITÁLIstól leírt tűk valóban titánvascsillámok-e? Erre a kérdésre határozottan nemmel kell felelnünk. E tűszerű képletekről, amelyek valóban sárga és barnás színben pleochroosak, a közelebbi vizsgálatnál kitűnt, hogy általában nem is tűk, hanem tulajdonképpen lemezek, melyek csakis a keresztmetszetben látszanak tűknek; anyaguk nem ilmenit, hanem nagyrészt biotitcsillám, amelyről lentebb részletesen fogunk szólni.

A balatoni bazaltos kőzetek egyik leglényegesebb elegyrésze a **földpát,** mely az oldallap szerint mindig táblás termetű. Az oldallapon kívül más kristályformákat nehéz felismerni; bizonyos kedvező metszeteken meg lehet állapítani az (110) és ($1\bar{1}0$) formákat, továbbá az (101) zóna lapjait. Leggyakrabban a keresztmetszetek élesen határolt téglaalakúak; a téglaalakban a szélesség a hosszúsághoz többnyire úgy aránylik, mint 1 : 6-hoz usque 1 : 9-hez. A megfigyelt legnagyobb földpát 800 μ hosszú és 100 μ széles volt; a legkisebbek 40—50 μ hosszúak és 8—12 μ szélesek. Ugyanabban a kőzetben gyakran vannak együtt egymás mellett kisebb és nagyobb földpátok. A földpátok általában igen üde megtartásúak és a mállásnak legtöbbször még csak nyomát sem árulják el. Egyes helyeken a kőzet túlnyomórészt földpátból áll. Ha a kőzet alapanyaga erősen salakos, akkor a földpátok különösen élesek szoktak lenni. Az alapanyagban a legfínomabb földpátmikrolitek végükön villásan elágazóak lehetnek. Gyakori a földpátok fluidális elrendeződése. Zárványokat nem gyakran tartalmaznak; leggyakoribbak az alapanyagból álló salakos zárványok.

HOFMANN KÁROLY a földpátokat az akkori módszerekkel természetesen még nem tudta pontosan meghatározni. VITÁLIS idézett munkájának 57. oldalán a következőket írja: «A földpátok két csoportba oszthatók: Egy részök élesen határolt, ikerrovátkolt kristályokból áll, amelyeknek közelebbi meghatározása nem volt lehetséges. A (010) laphoz közelfekvő metszeteken észlelhető kioltódás azonban valami bázisos plagioklászra utal. Ide tartoznak azok a plagioklászok is, amelyek összehalmozódva undulatorikus kioltódást mutatnak. E plagioklászokon kívül még élesen

körül nem határolt oblongumos vagy rombusalakú földpátmetszetek is előfordulnak, amelyeken az ikerrovátkoltságnak semmi nyoma sem észlelhető. Nagyon jellemző ezen elmosódott kontúrú földpátokra, hogy a széleikbe a sárgásbarna üvegbázis ilmenittűi is belenyúlnak. Kis kiterjedésök, rossz körülhatárolásuk, hullámos kioltódásuk miatt közelebbi meghatározásuk nem volt lehetséges, noha a bisszektrixre merőleges metszetek is előfordulnak. A kiválási sorrend arra vall, hogy e rombusos földpátok az ikerrovátkolt plagioklászoknál később kivált, savanyúbb földpátok». A 61. oldalon VITÁLIS a következőket írja: «így a rombusos metszetű földpátok tényleg nátronmikroklinok vagy nátronortoklászok».

Az alábbiakban külön szólunk a plagioklászokról és a VITÁLIStól említett rombusos földpátokról.

A **plagioklászok** rendesen sűrűn ikerrovátkoltak; gyakran az ikerlemezek nem húzódnak végig a földpátléceken, hanem mintegy fogazottan illeszkednek egymásba. A nagyobb kristályokon többször megfigyelhető volt a zónás szerkezet is, bár gyakoribb jelenség, hogy a plagioklász belseje bázikusabb, külseje savanyúbb, azonban az átmenet belülről kifelé teljesen fokozatos; a kristály kioltása mintegy hullámosnak látszik, a zónák egyáltalában nem válnak egymástól élesen külön.

Kiválogatva megfelelő alkalmas metszeteket, a plagioklászok meghatározása az univerzál-asztal segítségével történt. Főkép azokban a kőzetekben történtek a meghatározások, amelyekből a kémiai elemzések is készültek. A számos mérési eredményt a következőkben foglalhatjuk egybe.

Lelőhely: Sümegi bazaltbánya.

		α	β	γ	$2V$	$An\%$
I. kristály.	Albitiker.....	+68°	+62°	—35°		70
II. «	«	+66	+62	—39		74
III. «	«	+68	+63	—36		70
IV. «	«	+71	+65	—32	+84°	60
V. «	« egyik egyén	+66	+71	—37	—88	72
	másik «	+72	+65	—32	+84	60
VI. «	Bavenói iker, egyik egyén	+83	+87	+ 7	—88	67
	másik egyén.....	+82	+87	+ 7		67
VII. «	Albitiker	+68	+62	—35		70
VIII. «	«	+70	+65	—32		64
	Perikliniker	+63	+52	+51		64

Lelőhely: Tátika csúcsa.

		α	β	γ	2V	An%
I. kristály.	Karlsbadi iker:					
	egyik egyén	+70°	+62°	—33°	+84°	64
	másik egyén ...	+67	+62	—37	90	70
II.	« Albitiker	+72	+64	—33	+88	60
III.	« «	+68	+63	—37	—88	68
IV.	« «	+68	+62	—36		68
V.	« Karlsbadi iker:					
	egyik egyén	+70	+65	—35		63
	másik egyén ..	+67	+61	—37		70
VI.	« Albit-karlsbadi iker:					
	egyik egyén	+66	+62	—38	—88	72
	másik egyén ...	+62	+63	—42		82

Lelőhely: Tátika déli oldala.

		α	β	γ	2V	An%
I. kristály.	Albitiker.....	+72°	+65°	—32°		60
II.	« « egyik egyén	+68	+63	—36		68
	másik «	+72	+64	—34		60
III.	« «	+65	+62	—39		75
IV.	« «	+75	+66	—28		55
V.	« «	+72	+66	—30		58
VI.	« «	+67	+62	—37		70

Lelőhely: a Tátika nyugati oldalán levő oszlopok.

		α	β	γ	2V	An%
I. kristály.	Karlsbadi iker:					
	egyik egyén	+70°	+64°	—35°		65
	másik egyén ...	+68	+62	—35		66
	Perikliniker a 2. egyénben	+63	+52	+50		66
II. kristály.	Albitiker.....	+71	+65	—32	—80°	60
	(001) hasadás	+58	+50	+55		
III.	« Albitiker	+72	+66	—29		58
IV.	« «	+68	+63	—36	+88	68
V.	« (010) hasadás	+65	+62	—39	—84	75
VI.	« Albitiker:					
	egyik egyén	+72	+65	—32	+82	60
	másik egyén ...	+75	+66	—27		55
	(001) hasadás a 2. egyénben	+64	+45	+58		
VII.	« Albitiker;					
	egyik egyén	+75	+65	—30	+78	55
	másik egyén	+72	+65	—32	+82	60

Lelőhely: Fertős.

			α	β	γ	$2V$	$An^0/_0$
I.	kristály.	Albitiker	+65°	+62°	—37°	—84°	73
II.	«	«	+69	+64	—35	+88	68
III.	«	Karlsbadi iker:					
		egyik egyén	+70	+65	—33		64
		másik egyén ...	+67	+62	—38		74
IV.	«	Albitiker	+65	+62	—37	+84	73
V.	«	(010) hasadás	+67	+62	—37		70
VI.	«	Albitiker	+69	+63	—35	+82	66
VII.	«	«	+68	+62	—37		70
VIII.	«	«	+67	+63	—37	—88	70
IX.	«	«	+72	+65	—32	+84	60
X.	«	«	+70	+63	—33		63

Lelőhely: Nagylázhegy.

			α	β	γ	$2V$	$An^0/_0$
I.	kristály.	Albitiker	+70°	+64°	—33°		64
II.	«	(010) has., egyik					
		egyén.....	+70	+65	—33	+82°	63
		másik egyén ..	+70	+65	—33	+80	63
		Bavenói iker	+78	+83	+ 8		63

Miként a fentiekből látható, a plagioklászok zöme $Ab_{40}An_{60}$ és $Ab_{30}An_{70}$ közötti összetételű; a legsavanyúbb észlelt plagioklász $Ab_{45}An_{55}$ alkotású, a legbázikusabb $Ab_{18}An_{82}$ összetételű. A közönséges albitikreken kívül gyakoriak az albit-karlsbadi komplexikrek és a periklinikrek is, sőt a bavenói ikrek sem tartoznak a ritkaságok közé.

Több kőzetben a plagioklászok fínom repedésekkel vannak átjárva; e repedések egész érrendszert alkotnak; az erek gyengén fénytörő víztiszta anyaggal vannak kitöltve, a mi annál feltűnőbb, mert a plagioklászok fénytörése a balzsam fénytörésénél jóvalta nagyobb. Az ilyen áterezett plagioklászokat nem egy esetben vékony szanidin-burok borítja; a szanidin-réteg vastagsága 20—25 μ. A **szanidin** jelenléte az univerzál-asztalkával pontosan megállapítható, sőt gyakran már arról is felismerhető, hogy fénytörése a balzsam fénytörésénél észrevehetőleg kisebb. Kitűnően lehetett látni ilyen szanidin-burokkal ellátott plagioklászkristályokat a Szebike alján és a Tátika ÉÉk-i oldalán gyüjtött kőzetekben.

Az alapanyag rendkívül apró földpátjai között, úgy látszik, hogy szintén vannak szanidinkristálykák, mert ez apró lécek kioltása elég gyakran egyenes; e lécek méretei azonban nem engedték meg az univerzál-asztalkával való meghatározást.

A földpátokat átjáró igen fínom, víztiszta, nagyon gyengén fénytörő erecskékről alább, a zeolites ásványok során lesz szó.

A VITÁLISTÓL sok helyen említett, ikerrovátkoltságot el nem áruló, rombuszos keresztmetszetű földpátot, mely szerinte valószínűleg nátronortoklász vagy nátronmikroklin, egyáltalában nem tudtam megfigyelni. Igen beható vizsgálatokat végeztem arra nézve, hogy megállapítsam, hogy miféle ásványos elegyrész lehet ez a kérdéses rombuszos-oblongumos átmetszetű ásvány. VITÁLIS szerint ikerrovátkoltságot egyáltalában nem látni benne. Fénytörőképességéről VITÁLIS egyáltalában nem tesz említést; máskülönben VITÁLIS seholsem figyelte meg a földpátok fénytörését. HOFMANN KÁROLY számos helyen felsorolja a nefelint, mint a balatoni bazaltok kőzetelegyrészét. Nefelint azonban sem VITÁLIS, sem magam nem találtam a balatoni bazaltokban. HOFMANN KÁROLY számos kőzetből úgy írja le a nefelint, hogy «rendhagyó» körülhatárolása van, azaz xenomorf. Az eddigi vizsgálataim arra engednek következtetni, hogy a VITÁLISTÓL említett rombuszos vagy oblongumos átmetszetű állítólagos nátronortoklász, ill. nátronmikroklin és a HOFMANN KÁROLYTÓL említett nefelin egymással azonos ásványok; ez az elegyrész azonban sem nem földpát, sem nem nefelin, hanem zeolitásvány, éspedig **phillipsit.** A zeolitek a balatoni bazaltokban mint lentebb látni fogjuk, rendkívül nagy szerepet játszanak; nemcsak mint hólyagkitöltések szerepelnek, hanem egyenesen kőzetalkotó ásványoknak mondhatók, melyek a kőzetmerevedés végső állapotában keletkeztek.

A földpát mellett a balatoni bazaltoknak másik legnagyobb tömegben szereplő elegyrésze az **augit.** Szabad szemmel néha még épen felismerhető; a legnagyobb egyén, amelyet a Tátika-csoport bazaltos kőzeteiben találtam, 700 μ hosszú volt. A csíszolatban rendesen szürkésen átlátszó, többé-kevésbbé automorf; hosszabb-rövidebb oszlopokat, szögletes vagy kerekedett szemeket alkot; különösen a kisebb egyéneken jól lehet megfigyelni a jellemző nyolcszöges vízszintes átmetszeteket. Az (100) szerinti ikrek igen

gyakoriak, sokszor lemezes ismétlődésben is láthatók; némely metszetben meglepő gyakran találhatók az (122) szerinti penetrációs ikrek; így pl. a Tátika nyugati oldalán. Az augitszemek nagysága ugyanabban a csiszolatban is változó; a nagyobbak hossza 200—300 μ, a kisebbeké 30—40 μ között ingadozik. Egészen különlegesek azok az augitpálcikák, amelyeknek hossza 80 μ, míg szélességük csak 8—12 μ. Elvétve az augit zónás szerkezetű is szokott lenni; ilyen zónás szerkezetű, automorf, 40—80 μ nagyságú augitokat bőven lehet találni a Szebike keleti lejtőjét alkotó bazaltban. A homokóra-szerkezet számos augitban felismerhető. Az augitegyének oldallapján a diszperzió olyan erős lehet, hogy fehér fényben a kioltás nem következik be. Máskülönben az oldallapon a kioltás szöge $c : \mathfrak{c} = 38°$ körül van; az egyik optikai tengely iránya csaknem egybeesik a kristálytani c tengellyel. A fenti sajátságok arra utalnak, hogy ezek az augitok a bazaltos augitok, ill. már a titánaugitok csoportjába sorolandók. Az augitkristályok, ill. szemek gyakran kis halmazokká gomolyodnak össze, melyeknek többékevésbbé csillagos szerkezetük van. VITÁLIS idézett munkájának 57. oldalán a következőket írja: «Pleochroizmusuk igen erős: $\mathfrak{a} = \mathfrak{b}$ = szürkéssárga, $\mathfrak{c}$ ibolyásszürke». A vékony csiszolatban erős pleochroizmust az augitokon nem tudtam felismerni; sőt azt állíthatom, hogy a pleochroizmus a vékony csiszolatban alig ismerhető fel.

A Tátika-csoport bazaltos kőzeteiben lényeges szerepet játszik a **biotit-csillám.** VITÁLIS két első kőzettípusa: a magnetites-ilmenites bazanitoid (szigligeti típus) és az ilmenites-magnetites földpátos bazalt (kabhegyi típus) szerinte képviselve van a Tátika-csoport bazaltos kőzeteiben. Így a szigligeti típus megtalálható a Förtéshegyen, a Szebike-alján, a Tátika-alján és a Sarvalyhegyen (sümegi bazaltbánya); a kabhegyi típus pedig megvan a Kávéhegyen, a Szebike kúpján és a Tátika kúpján. E típusok leírásában VITÁLIS egyáltalában nem sorolja fel a biotitet, mint kőzetalkotó elegyrészt. Ezt az elegyrészt kizárólag Mencshely és a mindszentkállai Öreghegy biotites amfibolos limburgitoidjából említi.

Megfigyeléseim szerint a biotit a Tátika-csoport bazaltos kőzeteiben kétféle kialakulásban található. Általában azokban a kőzetekben, amelyeknek alapanyaga nem salakos-üveges termé-

szetű, a biotit apró, 50—150 μ átmérőjű, de jól felismerhető, többnyire xenomorf lemezkékben fordul elő. Mennyisége mindig alárendelt. A hatszöges keret aránylag ritkán figyelhető meg, inkább csupán foszlányokat találunk. A pleochroizmus igen erélyes; a világos sárgás, b és c sötétbarna; az optikai tengelyszög igen kicsi, sőt majdnem 0°. Ilyen biotiteket találunk a következő lelőhelyekről származó kőzetekben: Nagyláz, Öreglázhegy, Mulatóhegy, Szebike, Tátika csúcsa, Farkashegy, sümegi bazaltbánya. A legutolsó lelőhelyen a biotitlemezkék gyakran zárványok az augitban. Ez a jól individualizált biotit különösen gyakran szokott a magnetit nagyobb egyéneire mintegy reátapadva előfordulni; sok esetben félig vagy csaknem egészen körülburkolja a magnetitet.

A salakos-üveges alapanyagú bazaltokban ilyen jól felismerhető biotiteket nem találunk, vagy csak egész kivételesen ismerhetünk ilyeneket fel. A salakos alapanyagú bazaltos kőzetekben azonban csaknem mindig megtaláljuk azokat a mikroliteket, amelyeket Vitális, mint fentebb említettük, ilmenittűk gyanánt írt le. E tűk meghatározása elég sok nehézséget okozott. Kétségtelen, hogy e tűszerű képletek nem ilmenitből állanak. Számos esetben felismerhető, hogy e tűknek mondott képletek nem is tűk, hanem pirinyó lemezkék, melyek csakis a keresztmetszetben látszanak tűknek. Ha a lemezkék vízszintesen fekszenek, nem látunk rajtuk éles határvonalakat; szegélyük csipkés-karélyos; a lemezkék foszlányos szegélyű lebenyeknek mondhatók; nagyon gyakran páfrányalakú képleteket alkotnak. Fénytörésük és kettős törésük eléggé erélyes, a pleochroizmusuk ugyancsak erős; a lécalakú keresztmetszetben a hosszanti irányban c sötétbarna, reá merőlegesen az a irányában világos sárgás abszorpciós színt adnak; a lécek kioltása egyenes. E karélyos lebenyek némely csiszolatban átmennek a jobban körülhatárolt biotitba, amelyen a biotit sajátságai már biztosabban megállapíthatók. A mikrolitek nagysága eléggé változó; a léces-tűs keresztmetszetű mikrolitek hossza 20—40 μ és csak ritkán hosszabbak, míg vastagságuk átlag csak 2—4 μ és csak ritkán lesznek 8—10 μ vastagok. Némely csíszolatban a salakos alapanyagban roppant nagy tömegben jelennek meg, így pl. a Szebike csúcsának kőzetében. E tűszerűnek látszó képletek gyakran szabályosan rendeződnek el a salakos alapanyagban,

amennyiben mintegy háromszögletű rácsozatot alkotnak, vagy pedig páfrányalakú képletekké halmozódnak; megint máskor axiolitszerű képletek keletkeznek, amennyiben egy tengelyre merőlegesen tömegesen helyezkednek e tűszerű képződmények. E mikrolitek túlnyomó része kétségtelenül biotitból áll és csaknem az összes salakos alapanyagú bazaltokban jelen van, még pedig helyenként igen nagy tömegben. Nincsen azonban kizárva az a körülmény sem, hogy a mikrolitek egy része bazaltos amfibol, melynek kioltása egyenes, ill. csaknem egyenes. Ilyen biotitmikrolitos salakos alapanyagú kőzetek voltak gyüjthetők főképpen a következő lelőhelyekről: Fertős, Mulatóhegy, Lesenceistvándnál a △ pont, a Szebike különféle pontjai, a Tátika legkülönbözőbb helyei, a sümegi bazaltbánya. A nem salakos alapanyagú bazaltok jól körülírt biotitlemezkéi és e mikrolitek között olyan nagy a hasonlóság, hogy e kétféle megjelenésű elegyrészt joggal azonosíthatjuk egymással, annál is inkább, mert több lelőhelyen az átmenet is megvan a kétféle kifejlődés között.

Jóval nagyobb nehézséget okoznak azok a mikrolitek, amelyek sok esetben már nem is mikrolitméretűek és több tekintetben elütnek a biotit szokásos tulajdonságaitól. E mikrolitek különösen jól láthatók a sümegi bazaltbánya kőzetéből készült több csiszolatban. Alak tekintetében e mikrolitek teljesen biotitkülsejűek, a hatszöges, ill. rombikus keret gyakran eléggé jól kivehető; átmérőjük néha eléri a 300 μ-t, míg a lemezkék vastagsága csak 8—10 μ; gyakran csipkés-karéjos határvonalakkal vannak határolva, mintegy lebenyszerűek; kettős törésük elég erős; a keresztmetszetben a kioltás egyenes; a pleochroizmus azonban nem egyezik meg a biotit szokásos pleochroizmusával: ugyanis a vízszintesen fekvő lemezek erősen pleochroosak, ami a biotitnál szokatlan jelenség, hiszen a biotitban a b és c irányában nem szokott erős abszorpciókülönbség mutatkozni, míg e lemezkék a irányában világosabb sárgák és c irányában sötétebb rókavörös-barnák; a lemezkéken, a biotittal ellentétben, a tengelykép nem látható, a lemezre merőlegesen álló szögfelező körül az optikai tengelyszög igen nagy. Abban az esetben, ha a lemezkéket szegélyező határvonalak eléggé élesek, akkor gyakran alkotnak egymással 54—67°-nyi szögeket. Különösen jól lehet tanulmányozni e lemezkéket az olyan üregek

falán, amelyek zeolitekkel vannak kitöltve; ez üregekbe benyúló lemezek élesebb vonalakkal vannak határolva. Keresztmetszetben a lemezek léceknek látszanak, melyeknek pleochroizmusa a biotitéval azonos: a hosszanti irányban c sötétbarna, reá merőlegesen a világos sárgás; a lécek kioltása egyenes.

Nagyon valószínű, hogy e lemezkék ugyancsak biotitek, amelyeknek optikai tulajdonságai azonban a közönséges biotit sajátságaitól eltérőek, t. i. eltérő a pleochroizmus és az optikai tengelyszög. A sümegi bazaltbánya kőzetének zeolitokkal kitöltött üregei körül e hatszöges vagy néha rombuszos alakú, ill. lebenyes kerületű lemezkék tömegesen fordulnak elő, de megtalálhatók más lelőhelyről származó kőzetekben is, pl. a Szebike csúcsán, a Tátika nyugati oldalán.

Kivételesek az olyan csiszolatok, amelyekben semmiféle biotitkülsejű elegyrészt sem lehetett megfigyelni; ilyeneket készíthettünk az Öreglázhegy, Nagylázhegy, Kávéhegy, Tátika déli oldali kőzetekből, sőt még a sümegi bazaltbánya kőzetéből is.

Az **apatit** e bazaltoknak rendkívül elterjedt elegyrésze; némely csiszolatban aránylag igen nagy tömegben jelenik meg. Felismerése csakis a sűrű salakos alapanyagú kőzetekben jár nagyobb nehézséggel, pl. Lesneceistvánd felett a △ pont, Mulatóhegy. Kristályai általában automorfok, zömökebb vagy hosszabb pálcikák; méreteik nagyon változóak; a legnagyobb pálcikákat találtuk a Nagyláz déli oldalán nyitott kis kutatóbánya kőzetében; itt egy apatitpálcika hossza 2 mm és vastagsága 50 μ volt; e kőzetben az 1 mm hosszú és 50—100 μ vastag harántul ízelt pálcikák igen gyakoriak. A durvább szövetű kőzetekben az apatitek is nagyobbméretűek szoktak lenni; ilyenkor belül gyakran csatornásak és 200—600 μ hosszúak, de csak 20—30 μ vastagok. Más kőzetekben 200—300 μ hosszúak és csak 3—10 μ vastagok; néha azonban méreteik leesnek a 20 μ hosszúságra és 1—2 μ vastagságra. Helyenként a finom, 2—3 μ vastag és 100—200 μ hosszú pálcikák roppant sűrű hálózatot alkotnak.

A megvizsgált bazaltos kőzetekben nagy szerepet játszanak a **zeolit**-ásványok. Nagyon valószínűnek tartjuk, hogy a Hofmann Károlytól számos helyen emlegetett «rendhagyó» nefelin, valamint a Vitálistól leírt oblongumos vagy rombuszos átmetszetű

nátronmikroklinek vagy anortoklászok tulajdonképpen zeolitek. Rendkívül elterjedt zeolit a **phillipsit.** Nemcsak a hólyagokat tölti ki, melyekben könnyen felismerhető gyenge fénytörése, kristályalakja, ikeralkotása és egyéb optikai tulajdonságai alapján, hanem számos kőzetben valóságos alapanyagot alkot, mely a többi elegyrészek közötti tereket kitölti, ill. amelybe a többi elegyrészek mintegy be vannak ágyazva. A phillipsit meglehetős automorf egyének alakjában lép fel, pszeudotetragonális oszlopokat alkot, melyek a látszólagos tetragonális piramissal vannak kombinálva; a szokásos ikrek rendkívül közönségesek; az egyének nagysága 20—300 μ között váltakozik. A mikroszkópi metszetek alapján bizonyosnak tekinthető, hogy a phillipsit a kristályosodás végső állapotában keletkezett, azonban ez az elegyrész tulajdonképpen még a normális kőzetalkotó ásványok közé számítandó. Számos helyen mintegy benne úsznak az apatittűk, a titánvascsillámpikkelyek, sőt néha még az augitszemek is. Nem egy csiszolatban a mikroszkópi látómező egész területét a phillipsit foglalja el. A phillipsitben nagyon gazdag kőzeteket még az jellemzi, hogy gyakran úgy tűnik fel, hogy a phillipsit a földpát helyét foglalta el. A földpátokat finom repedések járják át és e repedéseket zeolitanyag tölti ki. Magát az egész kőzetet is repedések járhatják át, melyeket 30—50 μ nagyságú phillipsitekből álló halmazok töltenek ki. Ilyen kőzeteket különösen a Nagylázon és a Farkashegyen lehet találni.

Rendkívül jellemző némely kőzetre, hogy a kisebb elegyrészek (augitszemek, apatittűk, magnetitoktaéderek stb.) rendkívül vékony, 3—8 μ-nyi, szerpentines burokkal vannak körülvéve és e szemek azután phillipsitszemekből álló halmazba vannak beágyazva. A phillipsitből álló halmazok, ill. az általuk kitöltött üregek ugyancsak gyakran egy ilyen rendkívül vékony szerpentines hártya által vannak magától a kőzettől elválasztva. Ez esetekben nyilvánvaló, hogy előbb csekély mérvű szerpentinesedés volt, amelyet azután a phillipsitképződés követett.

Olyan kőzetek, amelyekben a phillipsitesedésnek nyoma sincsen, aránylag a ritkaságok közé tartoznak. Ilyen pl. a Tátika nyugati oldaláról származó bazalt, melynek alapanyaga mikrolitokban gazdag barnás üveg; a Tátika egyéb pontjain a kőzet bőségesen tartalmaz phillipsitet.

A **nátrolit** aránylag ritkább zeolit e bazaltos kőzetekben. Szabad szemmel is felismerhető volt a Szebike északi oldalán az Uzsa-major felett; a vékony csiszolatban meghatározható volt sugaras-rostos, gyengén fénytörő és gyengén kettőstörő, egyenesen kioltó pamacsok alakjában (hosszanti irány c) a Fertős kőzetében és valamivel jobban fejlett sugarak alakjában a Farkashegy bazaltjában. Utóbbi kőzetében hasonló rostokat alkot egy másik zeolit, mely csaknem egyenesen olt ki, de a rostok hossziránya a; e rostok talán a dezminnel azonosak. A rostos zeolitek azonban általában alárendelt szerepet játszanak a Tátika-csoport bazaltos kőzeteiben.

Rendkívül nagy nehézséggel jár egy másik zeolit meghatározása. Ez a zeolit az **analcim.** Kétségtelen, hogy az analcim a balatoni bazaltokban egyes lelőhelyeken jelen van. A Szebike kőzetének igen apró hólyagaiban az analcim határozottan kimutatható. A hólyag falán fennőttek a 40—50 μ átmérőjű egyének, melyeknek a hólyagba nyúló része elárulja az analcimre jellemző átmetszeteket, t. i. a nyolcszöges átmetszetnek egyik fele látszik; a metszet izotrop, törési együtthatója kb. 1·583 a beágyazási módszerrel megállapítva; némelyik hólyag teljesen e gyengén fénytörő izotrop, ill. helyenként kissé anizotrop anyaggal van kitöltve, amelynek jellemző kockás hasadása is van. Sósav könnyen kioldja az anyagot. A Tátika egyik kőzetpéldányában, amely a kereszt közeléből származott, egy kis üreg jól felismerhetően kockás hasadású, gyengén fénytörő izotrop anyaggal volt kitöltve; az analcim az üreg falát bélés gyanánt vonja be, míg az üreg belsejében igen gyengén kettőstörő rostos szerkezetű anyagot találunk; a rostok hosszanti iránya a; az anyag valószínűleg kalcedon. A sümegi bazaltbánya kőzetének hólyagaiban ugyancsak megtaláljuk a kockás hasadású analcimet, melynek fénytörése a phillipsiténél jóvalta kisebb.

Azonban úgy látszik, hogy az analcim jóval elterjedtebb kőzetalkotó elegyrész a Tátika-csoport bazaltjaiban, de meghatározása nem olyan egyszerű. Egy ilyen víztiszta, izotrop vagy csaknem izotrop anyag, amelynek fénytörési együtthatója körülbelül 1·483, tehát a lenolaj ($n = 1·479$) és a xilol ($n = 1·493$) törési együtthatója közé esik, számos metszetben fordul elő; az analcimra

jellemző kockás hasadás nem mindig ismerhető fel. Ez az anyag sósavval mindig könnyen kioldható a csiszolatból; az oldatból bőséges kősókockák kristályosodnak ki. Ez anyag vizsgálataink alapján csakis vagy kőzetüveg, vagy pedig analcim lehet; a kettőt egymástól megkülönböztetni nagyon nagy nehézséggel jár, sőt úgy látszik, gyakran szinte lehetetlen. Ez az üvegszerű anyag vagy a kőzethólyagocskákat tölti ki, vagy pedig mintegy alapanyagot alkot; ha a hólyagokat tölti ki, akkor a salakos alapanyagtól élesen különválik, fénytörése az utóbbiénál jóvalta kisebb. Ebben a víztiszta anyagban számos elegyrész mintegy szabadon úszik; különösen a barnán áttetsző titánvascsillám lemezkéi szoktak benne pompás sugarasan szétágazó halmazokat alkotni, továbbá az apatit finom tűi valóságos hálózattá szövődnek össze benne, sőt az egyéb elegyrészek sem ritkák benne, pl. augit- és magnetitszemek. Ezt a víztiszta, gyengén fénytörő, teljesen izotrop vagy gyengén anizotrop anyagot, mely tele van a barnán áttetsző titánvascsillám-lemezkék halmazaival, különösen szépen lehet látni a Szebike északnyugati oldaláról, a Tátika különféle lelőhelyeiről, a Farkas-hegyről, a sümegi bazaltbányából stb. származó példányokban. Nem valószínű, hogy az anyag kőzetüveg, mert a bazaltüvegek ritkán szoktak teljesen víztiszták lenni és a bazaltüvegek fénytörési együtthatója nem szokott ilyen kicsi lenni. Máskülönben ez az anyag számos kőzetpéldányban a phillipsittel együttesen fordul elő, teljesen átjárja repedések alakjában a kőzetet és kitölti a földpátok finom hajszálrepedéseit is. Meghatározását nagyon megnehezíti a benne levő sok zárvány, különösen a bőséges apatit finom tűi.

A **salakos alapanyag** e bazaltos kőzetekben nagyon el van terjedve. A zavaros salakban rendkívül fínom fekete opak pontszerű mikroliteket látni, melyek bizonyára magnetitből állanak; máskülönben a magnetitnek rácsos, vázszerű stb. alakzatai ugyancsak nagyon közönségesek a salakos alapanyagban. Ebben a salakban láthatók jól a biotitnek fentebb részletesen leírt mikrolites képződményei. A salakos alapanyag fénytörése általában a kanadabalzsaménál nagyobb szokott lenni és csak kivételesen kisebb. Ha a salakban bőségesen válnak ki az érc- és egyéb mikrolitek, akkor a mikrolitek körül a salakos alapanyag tisztább, át-

látszóbb és színtelenebb lesz, sőt teljesen színtelen üvegbe is mehet át.

Homogén, nem salakos, szép barnán átlátszó **üveges alapanyag** a ritkaságok közé tartozik. A legjellemzőbben látható e nagyon tiszta, barnás üveg a Tátika déli oldaláról származó kőzetek csiszolatában; a homogén üveg fénytörése valamivel kisebb a kanadabalzsaménál. E bőséges barna üvegben az összes elegyrészek (olivin, augit, magnetit, apatit) aránylag meglehetősen automorf módon tudtak kikristályosodni; maga az alapanyag helyenként el van bontva, az üregeket phillipsit és analcimszerű anyag tölti ki, de helyenként a nátrolit rostos pamacsai is megjelennek.

Az összes megvizsgált bazaltos kőzetekben nagy számmal találhatók a **közethólyagocskák,** amelyeknek méretei nagyon kicsinyek szoktak lenni; az üregek átmérője legtöbbször csak az 1—2 mm-t éri el. Ezek az üregek általában különféle ásványos termékekkel vannak kitöltve. A főszerepet leginkább a phillipsit játssza, melynek jellemző ikerkristályai igen könnyen felismerhetők. Ez a zeolites tömeg teljesen ki szokta tölteni az üreget, úgy hogy a kristályok terminális lapjait ritkán lehet felismerni. Egyes helyeken, mint fentebb említve volt, a phillipsiten kívül meg lehet figyelni az analcimot is. Rendesen előbb keletkezett az analcim, amelyre a phillipsit reátelepedett, azonban a fordított sorrend is előfordul. Az analcim csak nagyon ritkán van kristálylapokkal határolva; ilyenkor a 40—50 μ átmérőjű kristályok keresztmetszete nyolcszögletű, ill. mivel a kristályok fennőttek, a nyolcszögnek csak egyik fele jelenik meg. Némely üreg teljesen analcimmal van kitöltve; a kockás hasadás ilyenkor elég jól látható. Nagyon gyakori eset, hogy az üregek falát vékony, 3—4 μ-nyi szerpentinkéreg borítja, erre rakódtak reá a zeolitek; az üregben bentlevő esetleges magnetit-, apatit- stb. kristálykákat ugyancsak szerpentinburok boríthatja. Más esetekben az üregeket közvetlenül a zeolitek bélelik ki és a szerpentines kloritos anyag legbelül foglal helyet. A **klorit** optikailag negatív egytengelyű, interferencia-színei elég magasak, a lemezkék keresztmetszetben pleochroosak, a hosszirányban c sötétebb, a világosabb. A szerpentin pirinyó sugaras-rostos gömbös halmazokat alkot, a rostok

hossziránya c. Egyes üregek belsejében a **kalcit** is megjelenik, amely azonban, tekintetbevéve a kőzetek rendkívül üde megtartását, nem másodlagos termék, hanem a termálfázis legutolsó periódusában keletkezett. Nagyon ritkán lehet mállás folytán keletkezett másodlagos kalcitot is felismerni.

A **szerpentinesedés** egyes kőzetekben meglehetős előrehaladott állapotban van; a mikroszkópi kép azonban azt a látszatot kelti, hogy nem egyszerű mállással, hanem termális elbontással találkozunk, mert a kőzetek máskülönben teljesen friss megtartásúak; rozsdás mállási termékeket egyáltalában nem találunk. A szerpentinesedés és zeolitosodás rendesen párhuzamosan haladnak; a kőzet üveges részei keresztül-kasul át vannak járva szerpentines és zeolites anyagokkal; a máskülönben teljesen friss földpátok repedéseit rendkívül finom, 2—4 μ vastag, zeolitekkel kitöltött erek járják át; az augitok azonban teljesen frissek maradtak; az ércek sem árulnak el különösebb átalakulást, csupán az alapanyagban látunk zeolites és szerpentines elbontást.

Az elegyrészek **kiválási sorrendjére** nézve a következőket mondhatjuk. Mint fentebb említve volt, makroszkópos elegyrészek gyanánt kizárólag az olivin és ritkábban az augit figyelhető meg. Az olivin általában meglehetősen automorf, zárványok gyanánt benne pikotit és néha magnetit látható. Kétségtelen, hogy az olivin kiválása korán indult meg. Az augit nagyobb egyénei eléggé automorfok, de ugyanezt mondhatjuk az alapanyagban szereplő kis augitkristálykákról is, melyek gyakran aránylag szép automorf egyénekben fejlődtek ki. Ezeknek az augitkristályoknak a kiválása ugyancsak korán megkezdődött; aránylag kevés zárványt, főkép magnetitet és néha biotitet tartalmaznak. A földpátok kiválása az augitok kristályosodásával egyidejűleg indulhatott meg; a nagyobb földpátegyének automorfok, az oldallap szerint táblás termettel. A kisebb földpátegyénekről részben ugyanezt mondhatjuk. A nagyobb földpátok néha alapanyagból álló zárványokat tartalmaznak, de egyéb zárványokat nem igen találunk bennük. A földpátok kiválása a kőzetmerevedés végső fázisáig is tartott, mert az apró földpátok már kevésbbé automorf egyének alakjában alkotják a nem salakos alapanyag zömét. Az ilmenit és magnetit természetesen a kristályosodás legelején

kezdett kiválni; azonban egyes nem-salakos kőzetek metszetében világosan látható, hogy különösen a magnetit növekedése sokáig tartott, mert a magnetit az augitot és különösen a földpátot félig, sőt majdnem teljesen magába zárhatja. A salakos-üveges alapanyag, mely számos megvizsgált csiszolatban jelen van, bőségesen tartalmaz mikroliteket, különösen érceket, a fentebb említett biotitet és apatittűket. Jóval gyakoribbak azok a kőzetek, amelyek salakos alapanyagot tartalmaznak, mint a salaktól mentes szöveti formák; az utóbbiakban láthatjuk főképpen az üveges-zeolites képleteket. A zeolitek általában a legutolsó képződmények, melyek a kőzet minden zugát kitöltik és keresztül-kasul átjárhatják a kőzetet; helyenként kétségtelenül a földpátok rovására keletkeztek.

Egyes üregekben posztvulkáni termék gyanánt az **opál** is megjelenik, mégpedig teljesen víztiszta, izotrop, ill. igen gyengén anizotrop, gyengén fénytörő anyag alakjában. Így található Lesenceistvánd felett a △ pontnál. Nagyon kivételesen az üregek legbelsejében másodlagos kvarcszemecskékből álló halmaz is látható; pl. a Szebike kőzetében.

Kvarczárványokat, amelyek az áttört pontusi homokkő bekebelezéséből származtak, sok helyen gyüjthettünk. A zárványokat a rezorpció alkalmával keletkezett mikrolites augitkristálykákból álló koszorú övezi.

A Tátika-csoport bazaltos kőzeteinek a szövete egész rövid távolságokon belül megváltozhat. A szöveti változások tekintetében valami különösebb törvényszerűséget nem lehetett eddig felismerni. Uralkodóak a salakos alapanyagú kőzetek: Fertős, Nagyláz nyugati oldalának az alja (kevés salakos alapanyaggal), Mulató-hegy, Lesenceistvánd felett a △ pont, Szebike délnyugati lejtője, Szebike 361 m magas csúcsa, Tátika nyugati oldala, Tátika délnyugati lábánál a Lápos rétségen látható börc, a Tátika észak—északkeleti oldala, a Farkashegy és Prága-hegy közötti nyereg, a sümegi bazaltbánya egyes részei. Utóbbi bányában lehet a legjobban megfigyelni, hogy néhány lépésen belül milyen gyorsan megváltozhat a kőzet szövete: a bánya nyugati oldaláról az oszlopos elválású bazaltból készített csiszolatok alapanyaga kevéssé salakos, a bánya legalsó szintjéből gyüjtött kőzet egyes helyeken csaknem

tiszta salakos alapanyagból áll, míg a bánya más részein gyüjtött kőzetekben salakot egyáltalában nem lehet látni, a bánya feletti orom kőzetének alapanyaga bőséges barnás, de kevéssé salakos üvegből áll.

VITÁLIS szerint a Tátika legalább is két lávaömlésből van felépítve; az első lávaömlés alkotja a hegy laposabb padmalyát, míg a kúpos csúcs a későbbi lávaömlésből épült fel. Mindkét lávaömlés kőzetében a legváltozatosabb szöveti típusokat találjuk. Mint lentebb látni fogjuk, a két lávaömlés kőzetének kémiai alkotásában semmi lényeges különbséget sem lehet felismerni.

A Tátika-csoport bazaltos kőzeteiből H. F. HARWOOD hat kémiai elemzést készített. Az alábbiakban ismertetjük e kőzetek ásvány-kőzettani és kémiai alkotását.

Lelőhely: A **Nagyláz** déli oldalán az 1914. évben nyitott kis kutató kőbánya. A makroporfiros olivinszemek 1·6 mm-nyi méreteket érnek el, kissé szerpentinesedtek és kloritosodtak, az apróbb szemek reszorbeáltaknak látszanak; a csekély számú mikroporfiros plagioklászok $500 \times 100\ \mu$ nagyok, míg a földpátok zöme $160 \times 20\ \mu$ méretű. Az augit legfeljebb $300\ \mu$, rendesen 50—$100\ \mu$-nyi szemeket alkot, meglehetősen automorf. A kisszámú magnetit aránylag eléggé automorf, $250\ \mu$-nyi oktaédereket is alkot. A titánvascsillámnak csekély számú csipkés szélű lebenyes pikkelyei barnán áttetszőek. A biotit aránylag gyakori elegyrész, néha automorf, pikkelyei legfeljebb $150\ \mu$ nagyok és rendesen a magnetitre tapadtak. A bőséges apatitpálcikák 2 mm hosszúak is lehetnek, de legfeljebb 50—$100\ \mu$ szélesek. Salakos alapanyag nincsen; az alapanyag főkép földpátból és augitból áll, helyenként szerpentinesedett és kloritosodott. A zeolitosodás egyes foltokban igen erőteljes. Nagyon kevés kalcit is látható.

Lelőhely: **Fertős.** A legfeljebb 1 mm nagy olivinszemek eléggé automorfok, gyakran alapanyagzárványokat tartalmaznak. A sűrűn ikerrovátkos csekély számú plagioklászok élesen fejlett táblák-lécek és elérik a $150\ \mu$ nagyságot is. A 100—$200\ \mu$ nagyságú augitok kevéssé automorfok, gyakran halmazokká vannak csoportosítva. A szórványos magnetitoktaéderek $100\ \mu$ nagyok is lehetnek. A bőséges salakos alapanyagban nagymennyiségű mikroliteket látunk: biotitet, magnetitet és ilmenitet. A salakos tömegben

színtelen, zeolites (nátrolit is) tömegek vannak, melyek élesen különválnak a salakos alapanyagtól.

Lelőhely: a **Tátika nyugati oldala.** Milliméternyi olivinek, 800×100 μ nagyságú sűrűn ikerrovátkos földpátok; néha homokórás szerkezetű és többnyire 60 μ átmérőjű augitszemek; kevés, de eléggé automorf magnetitszemek, melyeknek átmérője 60 μ-ig terjed. A bőséges barnás, salakos alapanyagban nagyon sok mikrolit látható: opak ilmenitlemezek, fogasrúdalakú magnetitvázak, biotitmikrolitek, zeolites anyaggal kitöltött hólyagocskák; szerpentinesedett foltok. Az apatittűk rendkívül fínomak. Igen kevés kalcit.

Lelőhely: a **Tátika déli oldala.** Legfeljebb 960×160 μ-nyi, kissé szerpentinesedett automorf olivinek. Élesen fejlett 140×25 μ-nyi plagioklásztáblák. Automorf, zömök 100×30 μ-nyi augitprizmák. Eléggé automorf, legfeljebb 25—40 μ-nyi magnetitoktaéderek. Az apatittűk rendesen 80×2 μ méretűek, de vannak 640×32 μ-nyi csöves, ízelt prizmák is. Ilmenit és biotit nem látható. A bőséges alapanyag igen tiszta, barnásan áttetsző üveg, mely mikrolitektől mentes. Az alapanyagban nem nagy számmal zeolites foltok vannak. Kalcit csak nyomokban látható.

Lelőhely: a **Tátika legfelsőbb szintje.** Az erősebben szerpentinesedett olivinszemek 1600—300 μ átmérőjűek. A plagioklászok többnyire 300×40 μ, néha 700×100 μ nagyságú éles táblák. Az augitok többnyire 40—50 μ, ritkán 250 μ-nyi eléggé automorf, zömök prizmák. Az apatittűk igen fínomak. A bőséges salakos alapanyagban a fenti elegyrészek mintegy szabadon úsznak; a salakos barna alapanyagban sok mikrolit van, t. i. biotit és ércek. Eléggé bőven vannak zeolitekkel kitöltött üregecskék. Kalcit csak nyomokban látható.

Lelőhely: a **sümegi bazaltbánya** nyugati oldalán levő oszlopok. Kevéssé szerpentinesedett 600—700 μ-nyi automorf olivinszemek. Élesen automorf 200—300 μ-nyi plagioklászok, gyakran salakos zárványokkal; barnás 30—80 μ-nyi augitszemek, gyakran csoportosan összehalmozva. Kisszámú 30—40 μ-nyi magnetitoktaéder. Igen kevés barnán áttetsző titánvascsillám. Bőséges 200—10 μ-nyi automorf apatittűk. Uralkodó a salakos alapanyag, amelyet a mikroszkóp alig tud feloldani és amelyben nagyon sok

mikrolit látható: biotitfoszlányok, ércpálcikák, melyek néha rácsosan vannak elhelyezkedve. Az üregecskékben zeolitek vannak; könnyen felismerhető a phillipsit, melyet kevés analcim kísér; elenyésző mennyiségű kalcit.

	Nagyláz	Fertős	Tátika *Ny*-on	Tátika *D*-en	Tátika fent	Sümeg
	százalékokban					
SiO_2	47·24	44·88	46·24	44·59	45·13	45·14
Al_2O_3	15·38	15·50	15·52	15·05	16·40	15·67
Fe_2O_3	2·86	2·53	2·23	2·14	1·92	2·33
FeO	6·63	7·06	7·03	7·55	7·26	7·18
MgO	7·89	8·10	7·80	8·59	8·37	8·50
CaO	8·66	9·82	9·31	9·42	9·25	9·50
Na_2O	3·39	3·05	3·48	3·79	3·28	3·17
K_2O	1·52	2·56	2·27	2·40	2·46	2·57
H_2O^+	2·31	2·46	2·41	2·47	2·65	1·55
H_2O^-	0·82	0·71	0·66	0·43	0·86	0·79
CO_2	0·13	nincs	0·06	0·03	0·07	0·27
TiO_2	2·05	2·30	2·20	2·33	1·63	1·95
ZrO_2	nyom	nyom	nyom	nincs	nyom	nincs
P_2O_5	0·75	0·84	0·85	0·79	0·83	0·88
Cl	0·03	0·07	0·06	0·06	0·06	0·07
S	nyom	nincs	nyom	0·01	0·01	0·01
Cr_2O_3	0·01	0·01	0·01	0·01	0·01	0·01
V_2O_3	0·02	0·03	0·03	0·03	0·03	0·03
NiO	0·01	nyom	0·01	0·01	nyom	nyom
MnO	0·17	0·16	0·16	0·17	0·18	0·17
SrO	0·09	0·13	0·09	0·08	0·12	0·10
BaO	0·07	0·10	0·08	0·09	0·10	0·09
LiO	nyom	nyom	nyom	nyom	nyom	nyom
	100·03	100·31	100·50	100·04	100·62	99·98
Levonás	0·01	0·02	0·02	0·02	0·02	0·02
Összeg	100·02	100·29	100·48	100·02	100·60	99·96
$D^{20}/_4$	2·826	2·866	2·834	2·874	2·847	2·875

OSANN-féle értékek:

	s	*a*	*c*	*f*	*n*
Nagyláz	53·54	3·9	4·3	21·8	7·7
Fertős	51·19	3·9	3·9	22·2	6·4
Tátika, *Ny*-on	52·47	4·2	3·8	22·0	7·0
Tátika, *D*-en	50·64	4·3	3·0	22·7	7·0
Tátika, fent	50·96	4·1	4·2	21·7	6·7
Sümeg	50·97	4·0	3·8	22·2	6·5
Típus *Londorf*	52·52	3·5	4·0	22·5	7·5

NIGGLI-féle értékek:

	si	*al*	*fm*	*c*	*alk*	*ti*	*p*	*k*	*mg*	*qz*	*c/fm*
Nagyláz	112	21	47	22	10	3·5	0·7	0·23	0·60	— 28	0·47
Fertős	101	21	45	24	10	3·8	0·8	0·35	0·60	— 40	0·53
Tátika, *Ny*-on	107	21	45	23	11	3·8	0·8	0·30	0·60	— 37	0·51
Tátika, *D*-en	99	20	46	23	11	3·8	0·7	0·29	0·61	— 47	0·48
Tátika, fent	101	22	45	22	11	2·7	0·8	0·33	0·62	— 42	0·49
Sümeg	101	21	46	23	10	3·2	0·8	0·35	0·61	— 41	0·50
Theralitgabbroid magma típusa	90	20	46	23	11	—	—	0·25	0·50	—	—
Essexitgabbroid magma típusa	105	23	43	24	10	—	—	0·25	0·45	—	—

Miként a fentiekből látható, a Tátika-csoport bazaltos kőzeteinek kémiai összetétele meglehetős szűk határok között ingadozik. Az SiO_2-tartalom maximuma 47·24%, minimuma pedig 44·59%; a fémoxidok szélső értékei még szűkebb határok közé vannak szorítva. A kémiai összetétel rokonsága a legnyilvánvalóbb lesz, ha akár az OSANN-, akár pedig a NIGGLI-féle értékeket, vagy pedig az amerikai normákat vesszük szemügyre. Az OSANN-féle rendszerben mind a hat megelemzett kőzet a LONDORF-típusba sorozandó be; a NIGGLI-féle értékek alapján e kőzetek a theralitgabbroid és essexitgabbroid típusok közé illeszkednek be; az amerikai normák-

Normák az amerikai rendszerben:

	Nagyláz	Fertős	Tátika *Ny*-on	Tátika *D*-en	Tátika fent	Sümeg
	s z á z a l é k b a n					
Ortoklász	8·90	15·01	13·34	14·45	14·45	15·01
Albit	27·77	11·00	17·29	9·43	12·05	12·05
Anortit	22·24	21·13	20·02	16·96	22·80	21·13
Nefelin	0·57	7·95	6·52	12·21	8·52	7·95
Diopszid	12·45	18·04	16·74	19·65	13·82	15·38
Olivin	14·72	13·68	13·77	14·71	16·85	16·10
Magnetit	4·18	3·71	3·25	3·25	2·78	3·48
Ilmenit	3·96	4·41	4·26	4·41	3·04	3·65
Apatit	1·68	2·02	2·02	2·02	2·02	2·02
Kalcit	0·30	—	0·10	0·10	0·20	0·60
Egyéb	3·15	3·20	3·10	2·94	3·55	2·38
Összeg	99·92	100·15	100·41	100·13	100·08	99·75

ban pedig hiányzik a hipersztén-molekula, másrészt azonban 0·57—12·21% nefelin-molekula adódik ki.

Nyilvánvaló tehát, hogy e **kőzetek már az alkáliprovinciák kőzetei közé sorozandók,** bár maga a nefelin seholsem jutott kikristályosodásra. Az alkaliák erősebben vannak felhalmozódva a zeolitekben és ugyancsak a zeolitek teszik érthetővé azt a jelenséget is, hogy a teljesen friss kőzetek átlag 2·5% kötött vizet tartalmaznak.

H. F. Harwood már régebben megelemezte a szomszédos **Szentgyörgy-hegy** kőzetét. (Der Basalt des Szentgyörgyberges in der Balatongegend. Mathematische und Naturwissenschaftliche Berichte aus Ungarn. XXXVIII. 1930.) A szentgyörgyhegyi három kőzet elemzései ugyancsak hasonló eredményeket szolgáltattak; e három elemzésben az SiO_2-tartalom valamivel nagyobb, mint a Tátika-csoport kőzeteiben, azonban a víztartalom valamivel kisebb; ez eltérések oka főképpen abban keresendő, hogy a szentgyörgyhegyi kőzetekben nincsenek zeolitek. Máskülönben a Szent-

györgy-hegy alsó és felső bazalttakarójának kőzete ugyancsak az OSANN-féle LONDORF-típusba, ill. a NIGGLI-féle essexitgabbroid-típusba sorozandó; csupán csak a Szentgyörgy-hegy bazalt-tufáját átszelő telér kőzete adott kissé eltérő eredményeket, ami legjobban megnyilvánul az amerikai normákban, amennyiben e telér normáiból már hiányzik a nefelin, azonban kismennyiségű hipersztén adódik ki.

A balatoni **Szentgyörgy-hegy** kőzetének kémiai összetétele. H. F. HARWOOD elemzései.

	Alsó lávatakaró	Felső lávatakaró	Telér a bazalt-tufában
	százalékban		
SiO_2	48·73	47·79	48·80
Al_2O_3	15·78	15·78	17·80
Fe_2O_3	2·89	1·74	3·72
FeO	6·47	7·24	3·99
MgO	7·09	7·67	7·07
CaO	8·93	8·50	8·55
Na_2O	4·08	3·35	3·85
K_2O	1·04	2·15	0·98
H_2O^+	1·33	1·49	1·21
H_2O^-	0·45	0·82	1·07
CO_2	nincs	0·66	nincs
TiO_2	2·44	1·99	2·33
ZrO_2	nyom	nincs	nyom
P_2O_5	0·83	0·69	0·68
Cl	nincs	0·04	nincs
S	0·01	0·01	nyom
MnO	0·16	0·16	0·13
SrO	—	0·03	0·03
BaO	0·08	0·06	0·06
Li_2O	nyom	nyom	nyom
V_2O_3	0·05	0·04	0·03
Cr_2O_3	0·017	0·014	nincs
NiO	nincs	nincs	nincs
Összeg	100·37	100·22	100·30

OSANN-féle értékek:

	s	*a*	*c*	*f*	*n*
Alsó takaró	54·72	4·3	4·3	21·4	8·7
Felső takaró	53·97	4·2	4·3	21·5	7·0
Telér	55·31	4·3	6·0	19·7	8·6
Londorf-típus	52·72	3·5	4·0	22·5	7·5
Kinnekulle-típus	53·62	3·5	5·5	21·0	8·0

NIGGLI-féle értékek:

	si	*al*	*fm*	*c*	*alk*	*ti*	*p*	*k*	*mg*	*qz*	*c/fm*
Alsó takaró	116	22	44	23	11	4·37	0·83	0·14	0·58	— 28	0·52
Felső takaró	114	22	45	22	11	3·56	0·70	0·30	0·61	— 30	0·48
Telér	119	25·5	41·5	22·5	10·5	4·28	0·71	0·14	0·63	— 23	0·55
Essexitgabbroid magma típusa	105	23	43	24	10	—	—	0·25	0·45	—	—

Az amerikai normák:

	Alsó takaró	Felső takaró	Telér
	százalékban		
Ortoklász	6·12	12·79	5·56
Albit	33·01	23·58	32·49
Anortit	21·68	21·68	28·63
Nefelin	0·85	2·56	—
Diopszid	14·23	12·73	7·59
Hipersztén	—	—	6·36
Olivin	11·88	15·87	5·94
Magnetit	4·18	2·55	5·34
Ilmenit	4·71	3·80	4·41
Apatit	2·02	1·68	1·68
Kalcit	—	0·20	—
Egyéb	1·94	2·50	2·40
Összeg	100·62	99·94	100·40

VITÁLIS a Tátika kőzeteiből két elemzést közöl, amelyeket TOMASOWSZKY LAJOS készített. Ez elemzésekben kétségtelenül súlyos hibák vannak. TOMASOWSZKY a Tátika-csúcs kőzetében 3·96%, a Tátika-alja kőzetében pedig 4·22% *MgO*-t talált. Teljesen lehetetlen, hogy ilyen bazaltos kőzetekben ilyen csekély mennyiségű *MgO* legyen jelen. Ugyancsak lehetetlennek tűnnek fel a Na_2O értékei, melyekre 5·21%-ot, ill. 5·94%-ot sorol fel TOMASOWSZKY, holott HARWOOD az összes kőzetekben átlagosan 3·5% Na_2O-t talált. TOMASOWSZKY elemzései kétségtelenül hibásak és a tudomány szempontjából értéktelenek, a belőlük levont eredmények meg nem állják a helyüket.

Táblamagyarázat.

1. Titánvascsillám-pikkelyek sugaras-sorozatosan elrendezve a zeolitos alapban. || nicolok. Szebike alja. Nagyítás 250 ×.
2. Mikroszkópi üreg, mely kockásan hasadó analcimmal van kibélelve. || nicolok. Tátika, a kereszt mellett. Nagyítás 250 ×.
3. Titánvas, mely augitot és földpátot zár be. Az ércre jobboldalt alul biotit tapad hozzá. || nicolok. Tátika éék-i oldala. Nagyítás 250 ×.
4. Salakos alapanyagú bazalt, mely bőséges biotit- és ércmikrolitokat tartalmaz. || nicolok. Nagyláz-hegy déli oldala. Nagyítás 250 ×.
5. Phillipsit-iker, mely az alapanyagban lényeges elegyrész. + nicolok Tátika éék-i oldala. Nagyítás 250 ×.
6. A középen plagioklász, melyet szanidin-burok borít be. || nicolok. Szebike alja. Nagyítás 250 ×.

(A M. T. Akadémia III. osztályának 1935. márc. 18-án tartott üléséből.)

DIE BASALTGESTEINE DER TÁTIKAGRUPPE.

Von B. MAURITZ und H. F. HARWOOD.

Tafel III.

Die Abhandlung wird deutsch in der Zeitschrift «Mineralogische und Petrographische Mitteilungen» erscheinen.

(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften vom 18. März 1936.)

A CSIGÁK HELYVÁLTOZTATÁSÁNAK MORPHOLOGIAI ALAPVONALAI.

ROTARIDES MIHÁLY-tól.

(A IV—VI. táblával.)

(Készült a Magyar Biologiai Kutatóintézet I. osztályán.
Igazgató: Prof. ENTZ GÉZA dr.)

1. Bevezetés.

A csigák helyváltoztatása az állati mozgásnak egy sajátságos, más állatcsoportokban elő nem forduló módja, melyet különösen szabályos formában a szárazföldi *Pulmonátákon* figyelhetünk meg. Ezeknek talpán, annak elején kezdve, de caudális irányból az orális testvég felé haladva, helyváltoztatáskor hullámok haladnak végig, melyeket lokomotorikus hullámoknak, másként tapadó sávoknak nevezünk. Az orális irányban haladó hullámokat direkt hullámoknak is nevezzük, szemben a retrográd, azaz a caudális testvég felé haladó hullámokkal, amilyeneket egyes esetekben szintén megfigyeltek (VLÈS 1907, GERSCH 1934). A kutatások főként a lokomotorikus hullámok keletkezésére, lefolyására és mechanikájára vonatkoznak s eredményeik, illetőleg a felállított elméleti megfontolások igen szétágazók. A csigák helyváltoztatását egy csapásra nem is lehet megfejteni, és pedig azért nem, mert több tényezőn alapszik. Erre utal WEBER is, kinek nézete szerint sok részletmegfigyelés és vizsgálat szükséges ahhoz, hogy a csigatalp működésének egyöntetű magyarázatát adhassuk.

Tisztán fizikai szempontból nézve a kérdés az, hogy milyen irányú és értékű erők működnek a csiga helyváltoztatásához vezető

lokomotorikus hullámok lefutásakor, a biológiai anatómia szemszögéből nézve pedig az, hogy milyen szervek, illetőleg szövetek működésén alapulnak a lokomotorikus hullámok? Ezekre a kérdésekre csak részben tudunk feleletet adni s ezek is részben elméleti természetűek. Jelen sorok célja az, hogy összefoglaló képét nyujtsa a csigák helyváltoztatására vonatkozó azon ismereteknek, melyeket az irodalom morphologiai (anatomiai és eidonomiai) téren nyujt, hogy ezzel a problémát megvilágítsa s a részletkérdéseket megismertesse. A helyváltoztatásra vonatkozó felfogások kritikája azonban a szerző saját vizsgálataiból folyik, melyeket főként morphologiai téren végzett s amelyek a kérdéskomplexum kiegészítésére is szolgálnak.

A csigák lábának mindenkori alakját két tényező szabja meg: egyfelől az izomzat és kötőszövet morphologiai és élettani állapota, másfelől a vér (testnedvek). Minden alkalommal ez a kettő határozza meg a láb funkcionális alakját is. Amint tudjuk, ez az élettani alak a csigáknál igen tág határok között ingadozik, más szóval a csiga lábának plasztikussága, azaz idomulékonysága igen nagy. Ezért a helyzetváltoztatás tanulmányozása során főként az izomzat és a testfolyadék szerepére kell gondot fordítanunk.

A helyváltoztatási elméletek több csoportba oszthatók: 1. a csigák helyváltoztatása (a lokomotorikus hullámok létrejötte) csupán izomműködésen alapszik, *a)* az izmok összehúzékonyságán, *b)* az izmok nyúlékonyságán (extensio-elmélet, melynek egyedüli képviselője Simroth). 2. Véráram-elmélet, a helyváltoztatás alapját képező lokomotorikus hullámok izomműködésen alapuló vér- (testnedv-) áramlítással jönnek létre, ennek az elméletnek egyedüli képviselője Sochaczewer. 2*a*. A helyváltoztatáshoz szükséges vért levegő nyomja a megfelelő helyekre, ezt az emléetet, melynek egyedüli képviselője Kimakowicz-Winnicki, a későbbi kutatások nem igazolták. 3. A helyváltoztatás csupán csillócsapkodásra vezethető vissza (egyes esetekben, Gersch 1934). 4. A helyváltoztatás izomösszehúzódásokon (folyamatos kontrakción) és vérduzzasztáson alapszik, *a)* a vérduzzasztásnak csak másodlagos szerepe van, *b)* a vérduzzasztás a lokomotorikus hullámok keletkezésének aktív tényezője. A legtöbb híve van a kontrakció-elméletnek (1*a*),

de igen sokan tartják a vérduzzasztást is fontos tényezőnek (4*a*). Lényeges szerepe van a helyváltoztatásban a nyálkának s igen fontos szerep jut a mászáshoz szükséges feltételekben a kötőszöveteknek is. Az egyes fajok külső alaki tulajdonságainak, testméreteinek és súlyának tanulmányozásával a környezetviszonyok és a helyváltoztatás kapcsolataira világíthatunk rá.

Több olyan kérdés van, melyeknek megfejtésétől még távol vagyunk. Nem ismerjük kellőképpen az oszlopizomzat és a lábizomzat működésbeli viszonyát. Vizsgálatokat kellene végezni arra vonatkozólag, hogy mekkora az egyes fajok talpán egyidejűleg fellépő hullámok száma. Meg kellene állapítani azt az optimális testnedv-mennyiséget, amely mellett a leggyorsabb helyváltoztatás lehetséges. A külső tényezőknek a helyváltoztatásra való hatásáról úgyszólván semmit sem tudunk stb. Mindezek a kérdések búvárkodás nélkül nem merülhettek volna fel, s mint a kutatásnak további irányítói, az ismeretszerzésnek újabb lehetőségeit fogják nyujtani.

2. Az izomzat és működése.

A láb izomzatát, amint azt főként TRAPPMANN nyomán tudjuk, kétféle rendszer alkotja: 1. az igazi törzs- és lábizomzat (azaz testfali izomzat és lokomotorikus izomzat) és 2. visszahúzó izomzat. Az előbbi szövettani szempontból nézve túlnyomóan diffusus, az utóbbi túlnyomóan köteges (szabályosabb) rendszer. Az előbbi rendszerben több, irányok szerint széttaglalható izomcsoport vesz részt, melyek közül a circuláris izomzat és a származásilag ugyancsak ide sorolható transverzális izomzat a fontosabbak. A transverzális izomzat harántul köti össze a két lábszegélyt, a hosszanti izmok rétege a transverzális izomzat fölött halad, de nem mindig alkot összefüggő egyenletes réteget, hanem gyakran két csoportba tömörül, melyek a két lábfélben, a középsíktól jobbra és balra bizonyos távolságban mutatkoznak. A visszahúzó izomzat rendszerének feltüntetésére igen alkalmas az átlátszóvá tételi eljárás. (ROTARIDES, 1936.)

A *Helix pomatia* lábában, a *Pulmonáták*ra jellemzően, különlegesen kialakult, testnedvhalmozásra alkalmas kötőszövetek és dús subepitheliális mirigyfelszerelés van s az izomzat, az egyéb

szövetelemekkel való keveredettség, valamint a laza eloszlás miatt, legalább látszólag, igen bonyolult. Hasonlóan nehéz az izomzat elemzése a házatlan csigákban is, bár itt a szerveket az izomzat a többi testfali szövetekkel együtt egységes tömlőként veszi körül. Ezzel szemben a *Prosobranchiáták* lába, eltekintve egyes különleges formáktól, túlnyomóan láb, azaz kevésbbé testhüvely is, mint a *Pulmonáták*nál (6. kép). Irányok szerint igen szabályosan futnak le az izmok a *Rhachiglossák* lábában (ROTARIDES, 1933*a*). A rendestől többé vagy kevésbbé eltérően alakult a patelloid héjformájú fajok izomzata. Itt az oszlopizomzatnak, azaz a retraktoroknak megfelelő izmok egyes más izomcsoportokkal együtt túlnyomóan a tapadókorongrendszerű tapadásmechanika szolgálatába léptek. Annyi azonban mindenesetre bizonyos, hogy a TRAPPMANN által (p. 531) leírt izomirányrendszerek oly alapvázlatnak tekinthetők, mely lényegileg minden csigafajra vonatkozik.

Az izomzat működése a legtöbb szerző szerint a csigákban is az izmok összehúzékonyságán alapszik, csupán SIMROTH (1882) elmélete szerint bírnának a csigák extensilis rostokkal. Ennek az elméletnek azonban a későbbi kutatások (pl. BIEDERMANN vizsgálatai) ellentmondanak. A csigák helyváltoztatása TRAPPMANN szerint is kizárólag kontraktilis izomzat működésén alapszik. A lokomotorikus hullámok létrejöttében a hosszizomzat mellett a transverzális izomzat is szerepet játszik, az izomzat longitudinális vagy lokomotorikus hullámokat és a láb szélének konturváltozásaiban nyilvánuló, látható transverzális hullámokat idéz elő. Mindkét hullámfajta egymással váltakozva és egymástól függve az orális testvég felé halad. Tekintettel arra, hogy így részben a hosszanti izomzat, részben pedig a circuláris izomzathoz tartozó transverzális izomzat rhythmikus egymásutánban működnek, a csigáknak nemcsak izomzata (amint azt az irodalom feltételezi, l. TRAPPMANN), de helyváltoztatása is bizonyos távoli hasonlatosságot mutat a gyűrűsférgekével. Míg azonban a gyűrűsférgek izomzata csaknem teljesen a helyváltoztatás szolgálatában áll, addig a csigáknak csupán ventrális lábrésze végzi ezt a feladatot s az izomzat sajátos formája és a helyváltoztatás módja éppen a lapos talpsíkkal, illetőleg a mozgásműködés lokalizálásával van szoros összefüggésben. Ez az elméleti megfontolás bizonyos módosulást azáltal szen-

ved, hogy helyváltoztatáskor a csigák oszlopizma is közreműködik. BONSE szerint a *Helix pomatia* nagy megterhelés esetén változó technikával mászik, amennyiben lokomotorikus hullámok és az oszlopizom összehúzódása felváltva lépnek fel, miáltal az összteljesítmény növekszik.

Az oszlopizom működésével kombinált helyváltoztatás (arhythmikus mozgás, PARKER) egyes *Prosobranchiátákn*ál jellemzően is fellép (PARKER, WEBER), de a *Pulmonátákon* is többnyire megfigyelhetjük, hogy azok helyváltoztatás közben oszlopizmukat is működtetik. Minthogy azonban a typikus mozgású fajok helyváltoztatása pusztán lokomotorikus hullámokkal is bekövetkezik, az oszlopizom összehúzódásai nem tekinthetők a helyváltoztatás elengedhetetlen kellékének. Ha az oszlopizom működését a csigák helyváltoztatásának, illetőleg izomzatának gyűrűsféreg-elméletével össze akarjuk egyeztetni, úgy a hosszanti izomzatot egy olyan elméleti alapformára kell visszavezetnünk, mely két nyalábból áll: ezek egyike a háti oldalon az oszlopizom, másika pedig a hasi oldalon a lokomotorikus hosszizomzat. Az összes többi izomzat így a circuláris izomzat származékának volna tekinthető.

Egyes esetekben a szövettani kép arra enged következtetni, hogy a hosszanti és transverzális izomzat mellett más lefutású izomelemeknek is van szerepük a helyváltoztatásban. A *Limax flavus*nak a talpra merőleges vékony hosszmetszeteiben formolsalétromsavas rögzítés és vastimsó-haematoxylines festés után a talpsíkra többé vagy kevésbbé merőlegesen lefutó finom rostok tűnnek elő, melyek a talp bőrsejtjei közötti ragasztóállományban vesznek el. Házatlan csigában ezeknek a rostoknak retraktormőködést nem tulajdoníthatunk, feltehető tehát, hogy helyváltoztatáskor ezek is összehúzódnak s ezáltal mint talpegységekhez tartozó lábacskák emelik meg a talp megfelelő részeit (ROTARIDES 1929).

A lokomotorikus izomzat úgy eredési, mint tapadási helyén nélkülözi a szilárd alapot. Ezzel szemben az oszlopizom szilárd alapon ered (a *Prosobranchiáták* nagy részében szilárd alapon is tapad, az operculumon). Az oszlopizom szolgáltatja a visszahúzó izomzat rendszerét. A két izomzat között a különbség nemcsak alkotásban, hanem a működésben is igen nagy. Amaz mint vissza-

húzó izom, egyirányban ható erők összegét szolgáltatja és inkább szabályos rostkötegekből tevődik össze, emez a különböző irányokban lefutó rostoknak bonyolult szövedéke, melyben izomrost izomrosthoz támaszkodik, illetőleg, ha a rostok szétpamatolódásának helyét eredési pontnak tekintjük, úgy azt is mondhatjuk, hogy izom izmon ered. A kötegek elemeikre felbomolva egészen a bőrig hatolnak, azaz a bőrsejtek között tapadnak. A törzsizomzat rendszerében az erőkifejtés nem lokalizált, hanem megoszló.

Az izomzat szöveti kialakulása életmód szerint változó. Erős rostú, szabályos rostlefutású fajokkal a rablócsigák között és a *Rhachiglossák* csoportjában találkozunk. Előbbiek közül a *Daudebardiák*, utóbbiak közül a *Nassák* erőteljes, gyors helyváltoztatásúak (ROTARIDES 1929, 1930).

Az izmok élettani állapotára, illetőleg működésére szövettani metszetekből kétséget kizáróan alig következtethetünk. Rögzítéskor a hosszanti izmok hullámos alakot vesznek fel, ugyanakkor a talp is a lokomotorikus hullámokhoz hasonlóan redőzetes. Hogy a redők megfelelnek-e a lokomotorikus hullámok hullámhegyeinek, azaz a tapadósávoknak, nem tudjuk. A *Limax flavus* talpra merőleges hosszmetszeteiben azt látjuk, hogy a rögzítéskor bekövetkező ráncvetések mindenikének a talpi idegplexus egy-egy kis dúca felel meg.

A kontrakció szakaszosságára csak egyes módosult fajok szövettani képéből következtethetünk. A *Patella coerulea* dorsoventrális izmain BOUIN-féle rögzítés és vastimsó-haematoxylines festés után igen élénken festődő szakaszokat lehet megkülönböztetni, melyek azokon többnyire azonos magasságban és szélességben mutatkoznak. Arra lehet következtetni, hogy ezek az erősen festődött szakaszok az izmok összehúzódott részei. Ezek azonban nem a helyváltoztatást, hanem a *Patellák* tapadókorongszerűen működő, közel kerekded körvonalú talpán, a középső talpsík megemelését s ezáltal a megtapadást szolgálják.

A lábizomzat fajonként igen változó kialakulása mellett egy közös alapformára vezethető vissza. Az izomzat változatosságának látszatát az oekologiai viszonyokkal párhuzamosan kialakult egyéb szövetek, a kötőszövet és a mirigyek szövettani és elhelyezkedési változatossága kelti, valamint a láb külső alakjával kapcsolatos

izomelrendeződés. Igen valószínű, hogy a helyváltoztatás lényege is minden csigánál azonos, de a láb sajátos kialakulása némely fajnál a rendestől kisebb vagy nagyobb mértékben eltérő helyváltoztatási formákkal lehet kapcsolatos (helyváltoztatás láthatatlan hullámokkal, BONSE 1935, patelloid fajok, arhythmikus helyváltoztatású fajok).

3. A ciliumok szerepe.

HERFS (1926) vizsgálatai nyomán tudjuk, hogy a szárazföldi *Pulmonáták* lábának csak egyes részei viselnek ciliumokat, így a talpfelület, a pedális árok és a tüdőnyílás környéke. A cilumosbőrben bőven vannak basophil mirigyek (ROTARIDES 1929, ADAM 1933). BONSE (1935) szerint az izommüködés, nyálkaelválasztás és csillómozgás határozott korrelációban vannak egymással.

A ciliumok hosszára nézve HERFS (1926) és ROTARIDES (1934*c*) szolgáltattak adatokat. A szárazföldi *Pulmonáták* talpán a ciliumok mindig rövidebbek, mint a testfelület többi részein. A leghosszabbak a ciliumok a láb peremén, az ú. n. pedális árokban, ahol hosszúságuk lefelé, a talpszegély felé fokozatosan csökken, valamivel rövidebbek ezeknél a tüdőnyílás ciliumai. A ciliumok hossza nem mindig áll arányban a test nagyságával, kicsiny fajok viszonylag hosszú, nagyok viszonylag rövid ciliumokkal bírhatnak (ROTARIDES 1934*c*).

Széltől fújt rozstábla képét mutatják a *Nassa mutabilis* (Prosobranchiata) talpának hosszú (15 μ) ciliumai. A szövettani kép arra enged következtetni, hogy a ciliumok csoportonként mozognak (ROTARIDES 1934*c*). A ciliumok mozgását többen megfigyelték, így HERFS (1926), ADAM (1934) s a csigák talpa BAECKER szerint is igazi kinociliumokkal bír. BONSE (1935) a *Limax flavus* talpából készített vitális készítményeken figyelte meg a ciliumok mozgását. Kétségtelen tehát, hogy a talp ciliumai csapkodnak, de ezt a csapkodást nem mindig sikerül megfigyelni. HERFS (1926) szerint az *Arion* lábszegélyárkának hosszú ciliumai a nyálkát s ezzel együtt a testfelületre a környezetből rákerülő anyagokat egyirányú csapkodással a farki testvég felé továbbítják.

Azt a feltevést, hogy a ciliumoknak közvetlen, azaz aktív szerepük volna a helyváltoztatásban, a szerzők (SIMROTH, VLÈS és DUBOIS, TRAPPMANN) általában visszautasítják, de e feltevés ellen szólanak egyes újabb megfigyelések is. HOFFMANN szerint a *Vaginulidae*-család fajainak talpán, HERFS (1926) szerint pedig a *Pomatia elegans* nevű különleges helyváltoztatású szárazföldi *Prosobranchiata* talpán nincsenek ciliumok. A talp ciliumai el is használódhatnak, azonban az ilyen ciliumnélküli öreg állatok is tudnak mászni, bár relative lassabban, mint azok, amelyeknek talpát a ciliumok egyenletesen borítják (ROTARIDES 1934*c*). A ciliumoknak a helyváltoztatásban való közvetlen szerepe ellen szólanak egyes kísérletek is. Így VLÈS és DUBOIS (1907) szerint a talpától megfosztott *Fissurella neglecta* normális helyváltoztatásra volt képes. A ciliumok bénításának BONSE szerint sincs világosan észlelhető befolyása a mozgásra.

Ismerünk azonban néhány példát, melyek azt bizonyítják, hogy egyes fajok pusztán csillómozgás útján képesek helyüket változtatni. SIMROTH szerint (1896—1907) helyváltoztatás az izomzat működésén alapuló mozgásoktól eltekintve, egyrészt hátrafelé irányuló folyamatos secretióval, mely az élőlényt előretolja (Diatomeák), másrészt csillómozgással (Turbellháriák) jöhet létre. Nagyobbtestű állatok esetében azonban mindkét mód ki van zárva. Kisebb csigafajoknak csillós helyváltoztatására azonban több szerző utal. COPELAND szerint egyes *Alectrion*-fajok csillós helyváltoztatásra képesek s BUDDENBROCK hangsúlyozza, hogy a mozgás a láb ciliumainak segítségével is történhetik. GERSCH a kicsiny *Skeneopsis planorbis*nál izommozgásokat nem észlelt s helyváltoztatás ciliumcsapkodás nélkül nem következett be.

Míg a héjas *Pulmonáták* talpa egész szélességében ciliumokat visel, addig a házatlan fajok talpának csak a középső, ú. n. lokomotorikus talpmezeje ciliumos. Ebből azt lehetne következtetni, hogy lokomotorikus hullámok valóban csak a ciliumos talprészen vannak. BONSE kísérletei szerint azonban a házatlan csigák szélső talpmezői sem passzívak, hanem ú. n. «láthatatlan hullámokkal» ezek is aktív szerepet játszanak a helyváltoztatásban. Kizárólag láthatatlan hullámokkal változtatják helyüket egyes *Prosobranchiáták*. Viszont TRAPPMANN szerint (p. 564) a *Helix pomatia* egészen ciliumos

talpának szegélyén is van egy egészen keskeny nem lokomotorikus zóna, WÄCHTLER (1935) vizsgálataiból pedig kiviláglik, hogy az összes *Stylommatophorák* talpa három mezőre oszlik, de a szélső mezőket nem különítik mindig el árkok a középsőtől, mint a házatlan csigákon.

A vízi *Pulmonáták* csillói relative hosszabbak, mint a szárazföldieké (ROTARIDES 1934*c*) és HERFS szerint (1926, p. 30) nagyobb jelentőségük a helyváltoztatásban csak a vízi csigák csillóinak van, míg a szárazföldi csigák talpán a csillók a nyálka szétosztását célozzák. A ciliumok szerepének mérlegelésénél azonban tekintettel kell lennünk arra, hogy a kicsiny fajok (és egyének) relative hosszabb ciliumokkal bírnak és egyben relative gyorsabban is mozognak, mint a nagyok. Ebből pedig arra következtethetünk, hogy a ciliumok a helyváltoztatásra gyorsítólag hatnak. A ciliumok szerepét a szárazföldi és vízi fajoknál nyilván egyformán kell megítélnünk, a vízben azonban a ciliumok által kifejthető hatás a medium törvényszerűségeinél fogva más, mint a levegőben. Figyelembe kell venni, hogy vízben a test könnyebb, viszont a vízzel szemben helyváltoztatáskor nagyobb ellenállást kell legyőzni.

4. A mirigyek és a nyálka szerepe.

A csigák testfölületét bevonó nyálka biologiai szerepéről először ZAUNICK nyujtott összefoglaló képet, a nyálka jelentősége azonban mégis inkább a nyálkát termelő mirigyek alaposabb megismerésével domborodott ki. A csigák testfölületén szájadzó ú. n. subepitheliális mirigyek ROTH szerint részint nyálkamirigyek, részint pedig fehérjemirigyek. A nyálkamirigyek ismét kétfélék: köpenymirigyek és talpmirigyek. Az előbbiek célja HERFS szerint (1922) védekezés a testnedvek elpárologtatása ellen, az utóbbiaké a testfölület csúszóssá tétele. A fehérjetartalmú mirigyek részint ú. n. fehérjemirigyek (acidophil mirigyek, HERFS szerint), részint mészmirigyek, végül pedig pigmentmirigyek. A fehérjemirigyek talán a védekezés szerepét töltik be, a mészmirigyek az epiphragmát képezik, a pigmentmirigyek célja pedig bizonyos anyagcseretermékek eltávolítása. Oekologiai szempontból nézve a testfölületet

csúszóssá tevő nyálka rendeltetése többféle: 1. jelentőséggel bír a kibúváskor és a héjba való behúzódáskor súrlódó felületek bevonásában, 2. védi az állatot, 3. tisztán tartja (Herfs 1926), 4. szerepe van a bőrfelületen át történő vízfelvételben (Rotarides 1929). A talp nyálkája Simroth szerint (1882 a, p, 5), a surlódás csökkentésére szolgál. Ha nyálka nem volna, akkor ugyanazon fajhoz tartozó állatok helyváltoztatás-gyorsaságának különböző talajon a surlódás különböző foka szerint változnia kellene.

Ciliumok a szárazföldi Pulmonáták testfölületén ott találhatók, ahol nagyobb mennyiségben szájadzanak a testfölületre nyálkamirigyek (különösen ú. n. basophilmirigyek). A ciliumok a nyálka szétosztására szolgálnak, de nyálka nélkül csapkodni sem képesek. Merton szerint a csillóssejtek csak oly fölületeken hatékonyak, melyek folyékony médiummal határosak. Bonse szerint a helyváltoztató izmok bénításakor a nyálkasecretio szünetel s ilyenkor a ciliumok sem csapkodnak.

A helyváltoztatáshoz szükséges nyálkát kétféle mirigycsoport szolgáltatja: 1. a lábi mirigy, 2. a talp subepitheliális mirigyei, melyek túlnyomóan ú. n. talpi mirigyek, továbbá kisebb számban köpenymirigyek és fehérjemirigyek. A láb harántráncában (a száj mögött) kiömlő nyálka ha nem is a lokomotorikus hullámok létrejöttének, de azok effektusának, azaz a helyváltoztatásnak elengedhetetlen feltétele. Ez a mirigy képezi ugyanis az ú. n. «nyálkaszőnyeget», melyben a lokomotorikus hullámok adhäsiós sávjai (a hullámhegyek) megtapadnak. A talp diffusus mirigyfelszerelése magát a talpat vonja be nyálkával. A lábmirigy orálisan nagyon kiszélesedő kivezető csatornáján át kiömlő nyálka fölöslege a lábszegély hosszanti árkába jut, melynek a talpszegélyre merőleges másodlagos árkai azt a láb szélére s így a talp alá vezetik (Herfs 1926, Wächtler 1935).

A subepitheliális mirigyek gazdagon kialakult elemei a csigák bőrének s közülök különösen a talpi mirigyek bírnak igen hosszú és vékony kivezető szakasszal. Sajátos kialakulásuk és elhelyezkedésük mélyen a bőr alatt azzal magyarázható, hogy ott a kötőszövetek közé süllyesztve ezek a különösen a szárazföldi csigák életében fontos szerepet játszó elemek jobban meg vannak védve az elpárolgás és így a kiszáradás veszélye ellen, másrészt azonban

a külvilággal szemben való szerepüket akkor képesek betölteni, ha a mirigytest megfelelő feltételekkel bíró szöveti környezetben helyezkedik el. Ezek a feltételek pedig a testfal ú. n. hypepitheliális szövetében vannak meg, ahol a mirigyeket környező szövet laza, nedvdús és szövetközti rések járják át.

A nyálka kiömlését igen nagy valószínűség szerint izomműködés szabályozza. Ha egy csiga bőrét mechanikailag ingereljük, az összehúzódik s testének fölületét elönti a nyálka. Az egyébként lazán elhelyezkedő mirigyek összeszorulnak s tartalmuk mintegy kisajtolódik. Egyes metszetekből arra következtethetünk, hogy a mirigyek tartalmának kiszorítását az izomrendszer egy meghatározott része végzi. Az *Arion*ok farki részén a hátoldalban, a bőrdudorok belsejében elhelyezett mirigyöv mögött közvetlenül egy izomöv van, melynek összehúzódásakor a dúdorok összehúzódnak, keskenyebbek és magasabbak lesznek s közöttük a bőrfölületi árokrendszer mélyebbé válik (ROTARIDES 1929*a*, 1931). A mirigytartalom kisajtolását valószínűleg a TRAPPMANNtól musculi obliqui néven leírt izomcsoport végzi. A lábmirigy sejtcsoportjait is izmok szövik át, melyeknek rendeltetése hasonló lehet, a csatornába kiömlő mirigytermék továbbításában azonban a lábi mirigycsatorna hosszú ciliumainak is jelentős szerepe van.

A nyálka hasznosíthatósága a vízfelvételtől függ, ha ugyanis a nyálka nincs megfelelően felhigítva, nem tud kiömleni. A csigák vizet csak cseppfolyós állapotban vesznek fel, részint a szájukon, részint azonban a bőrükön át (KÜNKEL 1899, ROTARIDES 1929*b*). SIMROTH szerint (1882*b*) a csigák nem tudnak mászni nyálkaszőnyeg nélkül, amit KÜNKEL kísérletileg is beigazolt. Bizonyos fokig kiszárított házatlan csigák nem tudnak mászni, mert nyálkájuk nem elég folyékony, noha talpukon lokomotorikus hullámok keletkeznek. A helyváltoztatáshoz tehát a nyálka kedvező koncentrációs állapota szükséges, amit az állat a vízfelvétellel ér el. Minthogy a bőrön külön vízfelvevő rések nincsenek, a vízfelvétel csakis a subepitheliális mirigyek útján történhet (ROTARIDES 1929*b*).

5. A testnedvek szerepe.

Egyes szerzők felfogása szerint a lokomotorikus hullámok kívülről felvett víznek vagy egyáltalában testnedveknek, azaz vérnek a cirkulációján alapulnak. SOCHACZEWER felfogása szerint a hullámokat a periodikusan fellépő izomtevékenység által keltett testnedváramlás hozza létre (p. 39, lábjegyzet). SIMROTH (1885) a *Pomatias* (a *Prosobranchiáták* szárazföldi faja) különleges helyváltoztatását szintén főként vérhullámokra vezeti vissza. Azonban SIMROTH (1882*b*, p. 53) egyébként a SOCHACZEWER-féle elmélet ellen fordul. Szerinte ugyanis lehetetlen az, hogy ugyanaz a vér, mely a héjból való kibúvás alkalmával a láb duzzasztására szolgál, egyben a helyváltoztatást is szolgálhassa. Ezenkívül bizonyos berendezéseknek (elválasztó hártyáknak, septumoknak) a vért a kontrakcióktól duzzadt szövetben megfelelő helyzetben is kellene tartani.

Mások szerint a helyváltoztatás vérnyomáson és izomműködésen alapszik. Ezek között kell elsősorban JORDANT említeni (1905), aki a láb duzzadását a testüreg falaiból kiinduló nyomásra vezeti vissza, míg szerinte a helyváltoztatáshoz szükséges vérnyomás az izomelemekkel ellátott vérlakunák útján következik be. A helyváltoztatáshoz a hosszanti izmok összehúzódásán kívül a testet előrefelé megnyujtó vérnyomásra is szükség van. Vérnyomással és izomműködéssel magyarázzák még a helyváltoztatást BIEDERMANN (1905), CARLSON (1905), ROBERT (1907) és UEXKÜLL (1921) is. TRAPPMANN szerint a felfelé mászó csiga erőkifejtéséhez erősen nagy vérnyomásra volna szükség, ilyen előreirányuló vérnyomás szerinte csak a láb két oldalán elhelyezkedő nagy vérlakunákból következhetik be, amelyek azonban a láb lokomotorikus részétől igen messze fekszenek. A helyváltoztatáshoz szükséges adhäsiót TRAPPMANN nézete szerint a finom rések capillaritása elősegíti ugyan, de önmagában izomműködés nélkül nem volna elegendő.

A vérnyomás feltételezett szerepe ellen szólnak KÜNKEL kísérletei (1903). A darabokra szabdalt házatlan csigák egyes darabjai mászni tudnak, a fej- és farkrész gyorsabban halad, mint az egész állat, míg a középső rész a rendes lokomotorikus hullámok ellenére is csak lassan vagy egyáltalában nem halad. KÜNKEL

szerint a vér csak arra szolgál, hogy a talpat duzzassza, a középső rész csökkent gyorsasága pedig a vérveszteségre vezethető vissza. Hasonló kísérletekkel dolgozott ROBERT is. Csigák transverzális korongjai csúszó mozgásra voltak képesek és a lemetszett talpú *Fissurella* még a metszés után több nappal is rendesen változtatta a helyét. BIEDERMANN szerint kivágott szívű csigák még mászni tudnak.

A csigák vérkeringése a lábban nyitott és a vér az izomzat segítségével a venosus üregekben könnyen eljuthat oda, ahol nagyobb vérnyomásra van szükség, annál is inkább, mert a lábi vénákból igen tágas mellékágak indulnak ki, amelyek a vér gyors tovaszállítását lehetővé teszik (SCHMIDT p. 231). A láb venosus rendszerét csak vastag injekciós masszával lehet feltüntetni, mert híg folyadék könnyen behatol a melléküregekbe s a képet elmossa. (Ibid. p. 230.)

A venosus rendszer egyöntetű kimutatására igen alkalmas a SPALTEHOLZ-féle átlátszóvá tételi eljárás (ROTARIDES 1936). Az ennek segítségével nyert kép egy igen dúsan elágazó venosus rendszert tűntet fel s ez okból valószínűnek kell tartanunk azt, hogy a vérnyomás igen lényeges tényezője a helyváltoztatásnak. A láb duzzaszthatósága egyébként különös bizonyításra alig szorul, bizonyítja már maga a laza szöveti felépítés is. (2., 4., 6. kép.)

A lakunák s más kötőszövet közötti hézagok és rések mentén levő hártyákban élénkebben színeződő, nyilván összehúzékony szálad haladnak, melyek az üregeket nem ritkán érintőlegesen határolják, olykor pedig az optikában használt irisdiaphragma lemezeinek elhelyezéséhez hasonló képet szolgáltatnak. Igen valószínű, hogy kontrakció esetén a hézagot szűkíteni s az ott levő vérre nyomást gyakorolva, azt áramlítani képesek. Ilyen szerkezete láttunk a lábban is, de a legkifejezettebben mégis a feji hártyákban (membrana cerebrocephalica és circumintestinalis) mutatkoznak. A *Limax flavus* farki részében a vakbél környékén levő szivacsos kötőszövetben szintén fölleljük. Metszetekben a hártyák szerkezete nem látszik, vizsgálatra csak egészben kipreparált és tárgylemezen kiterítve megfestett hártyák alkalmasak. (KISKER, ROTARIDES 1929*b*.)

A lábnak bizonyos duzzadtsági állapota a helyváltoztatásnak

mindenesetre elengedhetetlen kelléke. Az állatnak a héjból való kibúvása szintén a láb duzzaszthatóságán alapszik, e tekintetben azonban a szerzők véleménye meglehetősen megegyező, csupán a duzzadás módjára nézve eltérők a felfogások. CHREIGHTON a kötőszöveti hártyák kialakulása és a szerveknek vérnyomás útján való kitüremítése között keres összefüggést (KISKER után idézve). SCHMIDT szerint a duzzasztáshoz szükséges vér visszaáramlását sphincterek akadályozzák meg s így a lábban a belső vérnyomás valóban előállhat. Sphincterszerű szűkületekről tesz említést SIMROTH is (1891) egyes *Vaginula*-fajokban. A vért a lábba a diaphragma (tüdőalap) nyomása sajtolja bele. Hasonló nézeten van TRAPPMANN is. A csigák szíve, tekintve a láb nyitott vérkeringését, gyönge ahhoz, hogy megfelelő vérnyomást idézhessen elő. A vért a diaphragma erős izomzata a testüregből a lakunákba nyomja s ezekből vérrel telítődik a láb szivacsos szövete is. Lehetséges, de még ezidőszerint nincs kimutatva, hogy az izmok a vérnyomásnak igen finom szabályozására képesek. Vérnyomáson alapszik a szervek kitüremítése KISKER szerint is, de KISKER a hártyákat alkotásuk alapján nem tartja alkalmasaknak a vérnyomás elosztására.

Szövettani készítmények alapján valószínűnek kell tartanunk, hogy az izommechanikai áramlítással előálló vérnyomás a héjból való kibúvásnak és a láb kedvező duzzadtsági állapotának igen lényeges feltétele. A helyváltoztatáshoz pedig a lábnak, de különösen a talp elejének megfelelő duzzadtsága szükséges. Egyes kísérletek: részállatok, korongmetszetek, lemetszett talpú állatok helyváltoztatása ugyanarra enged következtetni, hogy a helyváltoztatás pusztán izomösszehúzódásokkal, vérduzzasztás nélkül is létrejön, a láb szöveti képe azonban azt bizonyítja, hogy a vérduzzasztás igen lényeges alkateleme a helyváltoztatásnak is. A láb felépítése igen laza, az izomzatot a venosus rendszer finom lakunái járják át, melyek a vért még finomabb szövetközi résekbe adják tovább. A láb szivacsos szerkezetén alapszik a láb plaszticitása, metaboliája. A bonyolult irányrendszerekből összetevődő, tehát igen sokirányú erőkifejtésre képes izomzatnak pedig hármas feladatot kell tulajdonítanunk: 1. a lokomotorikus hullámok előidézését, 2. a visszahúzóműködést, 3. a vérnyomás szabályozását. Az utóbbit

az izomzat sokirányú elrendeződésén kívül az izomfibrillumok finom eloszlása a kötőszövetek között is igen valószínűvé teszi. A duzzasztás aktív szerepére enged egyébként következtetni a részállatok helyváltoztatás-gyorsaságának csökkenése is, a vérnyomás itt nem szűnt meg teljesen, hanem csak kisebb lett. A hártyák sphincterszerű működését is fel kell tételeznünk. Úgy a kontinuus hártyákban, mint a láb diffususabb kötőszövetében rostok húzódnak, melyeket összehúzékonyaknak kell minősítenünk. Összehúzékonyságuk, minthogy semmiképpen sem tartoznak a lokomotorikus izomzathoz, más célt, mint az interstitiális hézagok szűkítését, nem is szolgálhat.

A szabályos, látható hullámok útján történő helyváltoztatás a szárazföldi *Pulmonátákra* jellemző. E csoport fajai a *Prosobranchiátákkal* szemben általában gyors helyváltoztatók, de egyben többnyire igen laza lábszerkezettel, kötőszövettel erősen kevert izomzattal bírnak, mely testnedvekben igen gazdag. Ez a jellegzetesség szintén alátámasztja azt a felfogásunkat, hogy a látható hullámokkal történő szabályos rhytmikus helyváltoztatásban az izomzaton kívül a vérnek (testfolyadéknak), a szabályozható duzzadékonyságnak is szerepe van. A nem szabályos hullámú vízi csigákban ez a szerep nyilván csekélyebb jelentőségű, ezek helyváltoztatásában azonban igen nagy valószínűség szerint a ciliumok működése bír nagyobb jelentőséggel.

6. A kötőszövetek változó kialakulásának jelentősége.

Laza kötőszövetes részek a csigák lábában az izomzat között szétszórtan mindenütt találhatók, de kötőszövet összefüggő tömegben két helyen fordul elő. Az egyik kötőszövetes zóna az ú. n. «fehér bőr», a hypepitheliális szövet, mely közvetlenül az epitheliumra következik, igen finom izomrostokból, főként azonban kötőszövetből áll. A kétféle elem itt szövettani eljárásokkal nem is mindig különíthető el élesen egymástól. Ezt a réteget azért nevezzük fehér bőrnek, mert igen nehezen színeződik s ha sikerül megfesteni, a metszet többi része erősen túlfestődik. Az izomzat túlnyomó része nem kívül, hanem a testfal belső határa felé helyezkedik el, itt mindig sűrűbb. Az állat összehúzódásakor a bőrréteg felé

eső laza öv teszi lehetővé azt, hogy a bőr ráncokba szedődhessen. A «fehér bőr» egyben megfelelő nedvdús «környezet» is a benne elhelyezkedő subepitheliális mirigyek számára. A másik kötőszövetes öv a láb központos részében, a zsigerek alatt van, a helyváltoztatásban fontos szerepet játszó hosszanti izomzat közelében. Jelentősége abban áll, hogy az állat behúzódásakor szivacsszerűen összenyomható, miáltal a behúzódó láb kisebb térfogatúvá válik. Helyváltoztatáskor a kötőszövetes részben elhelyezkedő lakunák (saját fallal nem bíró üregek) s maga a laza kötőszövet is a helyváltoztatás egyik fontos előföltételét: a duzzadékonyságot teszik lehetővé. (V. ö. a 2., 8. és 6., 7. képet.)

A kötőszövet kialakulása alapján a csigák két csoportba oszthatók: 1. túlnyomóan fibrilláris kötőszövetű csigák. Izomzatuk erőteljes, szabályosabb megjelenésű és rendszerint kötegekben helyezkedik el, melyeket rostos kötőszövet vesz körül. Kevesebb szivacsszerű kötőszövettel bírnak, lábuk egészében véve is tömör, az izomzat laza kötőszövettől kevésbbé van tarkítva. Az ilyen fajok, tekintettel a kötegekbe rendeződő erőteljes izomzat erős rostburkaira, kezdetleges vázas állatoknak tekinthetők. Testük kevesebb nedvet raktározhat, ezért igen elrejtőzve élnek. Helyváltoztatásuk gyors (ROTARIDES 1930), 2. szétszórt (diffusus) kötőszövetű csigák; kötőszövetük nagyon szét van osztva az izomzat között, miáltal maga az izomzat is laza. Az előbbi csoportba tartoznak a rablócsigák (pl. *Daudebardia*). Az utóbbi csoport jellemző tagjai a házatlan *Pulmonáták*. Az első csoport tagjainak lábában kevés, jobban körülhatárolt üreg van a testnedvek számára, a második csoportében változatos lakunák, üregek vannak, melyek a vér könnyű áramlítását teszik lehetővé. A csigák lábának funkcionális alakja tehát, amint a föntiekből következik, a kötőszövettől is függ, éspedig annak gazdagságától, szövettani kialakulásától és eloszlási formájától. (ROTARIDES 1931, 1934*b*.)

7. Eidonomia, oikologia, helyváltoztatás.

A *Pulmonáták* héjtól nem födött része, illetőleg a házatlan fajok teste két részre különül el: egy alsó helyváltoztató részre és egy felső részre, amely mint testhüvely a szervek egy részét veszi

körül. A két rész egymástól fajonként többé vagy kevésbbé élesen különül el, a lábszegély árka mély vagy kevésbbé mély, a szegélyléc széles vagy kevésbbé széles. A pedális árok a morphologiai határ a talp és az a fölött levő rész között. A physiologiai értelemben vett mászó talp tehát a morphologiai talpnak csak egy része (WÄCHTLER 1935). (1., 3., 4. kép.)

A láb keresztmetszeti képe fajonként változó, a talp majd szélesen terül el a testhüvelyrész alatt, majd pedig keskeny. Előbbi esetben a keresztmetszet vasúti sín keresztmetszetéhez hasonló, rajta a test súlya jobban eloszlik *(Helix pomatia)*, utóbbi esetben a keresztmetszet a köralakhoz közeledik. Ez a keresztmetszetalak az elrejtőzködő fajok sajátsága (házatlan csigák, *Daudebardia*) (ROTARIDES 1934*b*). A talaj alkotása és a lábalak közötti összefüggésre HESSE hívta fel a figyelmet. A tenger laza talajon élő nehéztestű fajai széles talppal bírnak, míg a sziklás talajon élő fajok gyakran keskenytalpúak, ill. kicsinylábúak.

A láb alaki viszonyainak megállapításánál kétféle összehasonlító értéket vehetünk figyelembe: a láb keresztmetszetalakjának összehasonlításához egységnek vesszük a talp szélességét és ehhez hasonlítjuk a láb magasságát (pl. *Helix pomatia* 1 : 1, a láb olyan széles, mint magas, *Vitrina pellucida* 1 : 3, a láb háromszor olyan magas, mint széles [ECKARDT szerint], *Daudebardia* 1 : 3, *Caecilicides acicula* 1 : 4 [WÄCHTLER szerint]). Ezek az arányszámok metszetekre vonatkoznak, élő csigákon természetesen másként alakulnak (ROTARIDES 1934*b*), de összehasonlításra a kiterített s aztán rögzített állatok is elég jól használhatók. A zárt környezetben, talajban s általában tárgyak alatt elbújtan élő szárazföldi *Pulmonáták* magasabb lábúak, mint a szabadon élő fajok, azaz talpuk relative keskeny. E fajok egy része egyben gyors helyváltoztató. A helyváltoztatáskor hosszúra kinyúló *Limacidák* elevenebb mozgásúak, mint a tömzsibb alakú *Arionok* (SIMROTH 1882*b*, p. 46, KÜNKEL 1903, p. 560).

A másik összehasonlító érték a mászó csiga talpszélességének és hosszúságának viszonya. Azok az állatok, amelyek talpa a mászás alkalmával jobban elkeskenyedik, helyüket relative gyorsabban változtatják. A relativ gyorsaságot az egy perc alatt megtett út és a mászó állat talphosszának hányadosával fejezzük ki. 16 meg-

vizsgált héjas Pulmonáta és négy házatlan csiga közül a legkisebb relatív sebességgel mozogtak a *Helix pomatia, H. aspersa, Succinea putris* és a *Limacidák*. A leggyorsabban változtatták helyüket az *Ena obscura*, továbbá az *Oxychilus cellarium* fiatal egyénei, melyek lábhosszuknak kb. háromszorosát tették meg egy perc alatt (maximális értékeket véve figyelembe). Az utóbbiak talpa keskeny, lábuk helyváltoztatáskor jobban megnyúlik s ami ezzel együtt jár, jobban el is keskenyedik (ROTARIDES 1935). Említésre méltó még az a jelenség is, hogy a módosult alakú fajok közül a patelloid héjalakúak, melyek tapadókorongszerű talppal bírnak, lassú helyváltoztatók s nem is mozognak szívesen; talpuk körvonala széles ovális vagy közel kerekded (pl. *Patella, Haliotis*).

8. Testméretek, testsúly, helyváltoztatás.

Miként az alakbeli (eidonomiai, külső morphologiai) tényezők, úgy a testméretek és a testsúly is elsősorban a helyváltoztatás gyorsaságával vannak kapcsolatban. Már SIMROTH rámutatott arra (1882*b*, p. 62), hogy ugyanaz a csiga mesterségesen megterhelve lassabban mászik, mint megterheletlenül, a megterhelt állatok talpa pedig szélesebb. KÜNKEL (1903) a testnagyság és a gyorsaság között keres összefüggést. Szerinte a kisebb *Limacidák* és a nagyobb fajok fiatal egyénei elevenebb mozgásúak, mint a nagy fajok felnőttjei. A kis *Vitrina pellucida* SIMROTH feljegyzése szerint (1882*b*) 4 cm hosszú utat tett meg egy perc alatt, WÄCHTLER szerint pedig a *Caecilioides acicula* nevű vak talajcsiga talphosszának ötvenszeresét is megteszi. Gyors helyváltoztatók a *Daudebardiák* is. Ezzel szemben a nagyobbtestű fajok (pl. *Helix*) relative lassan változtatják helyüket (ROTARIDES 1935).

Hogy a fiatal egyének gyorsabb helyváltoztatók, arról egyszerű kísérlet útján meggyőződhetünk. A *Succinea putris* (vagy más szárazföldi Pulmonáta) felnőtt és fiatal egyéneit üvegtálba helyezzük, az üvegtálat színültig vízzel töltjük meg, majd pedig üveglappal lefödjük, úgyhogy a víz felszíne és a fedő üveglap között levegő ne maradjon. A csigák fölfelé fordított talppal mászkálnak az üveglapon (menekülni igyekeznek). Egy ilyen kísérlet alkalmával egy 10 mm hosszú állat talphosszának 12 szeresét, egy 24 mm

hosszú állat pedig talphosszának csak kétszeresét tett meg egy perc alatt.

Idős állatokon megfigyelhető, hogy abban az esetben, ha talpuk jobban elkeskenyedik, helyváltoztatásuk gyorsasága nagyobb. A helyváltoztatás kezdetekor a talpon már rendesen futnak végig a hullámok, de ha a talp még kellőképpen nem keskenyedett el, helyváltoztatásuk még lassú.

Függ a helyváltoztatás a relativ testsúlytól is. Relativ testsúlynak vesszük az állat súlyának és a talpfelület nagyságának hányadosát (g/mm^2 talpfelület). A relative nehéz fajok nagy általánosságban lassú helyváltoztatók.

Különböző fajokon végzett megfigyelések tanúsága szerint, a helyváltoztatás gyorsasága csak részben függ a talp lokomotorikus hullámainak percenkénti számától, azaz a hullámgyorsaságtól. Befolyásolják ugyanis a gyorsaságot a talp szélességi foka és a relativ testsúly. A relative nehéz és nagy fajok helyüket általában lassabban változtatják, mint a könnyű és kicsiny fajok, de az előbbiek között is akadnak gyors helyváltoztatók, ezek azonban magas hullámszámmal mozognak vagy pedig talpuk mászás közben jobban képes elkeskenyedni. Úgy a keskenytalpú, mint a kicsiny és relative könnyű fajok gyorsabb helyváltoztatásának a csekélyebb súrlódás az oka.

Összefoglalás.

Jelen dolgozat a csigák helyváltoztatására vonatkozó morphologiai és physiologiai ismereteknek egybevetése, valamint kritikai taglalása és kiegészítése szerzőnek saját vizsgálatai alapján.

A csigák helyváltoztatása három tényezőn alapszik: az izomzat (hosszanti, transverzális és dorsoventrális) működésén, a ciliumok mozgásán (nyálkatovábbítás) és a vérnyomáson.

Az izomzat fajonként változó kialakulása mellett is egy közös alapformára, azonos izomirányrendszerekre vezethető vissza, amiből következik, hogy az izomzaton alapuló helyváltoztatás lényegében minden fajnál azonos törvényszerűségeken alapszik.

A helyváltoztatás fönt felsorolt tényezői közül főtényezőnek az izomműködést kell tekintenünk, amelyhez egyes kivételes ese-

tekben elengedhetetlen feltételként járulhat a szabályozható vérnyomás és a ciliumok csapkodása is (az utóbbi kicsiny fajok esetében).

A lokomotorikus hullámok izomműködésen és egyben nagy valószínűség szerint szabályozható vérnyomáson alapulnak.

A lokomotorikus hullámok hatáskifejtéséhez nyálkaszőnyeg és ciliumcsapkodás szükséges, e két utóbbi a helyváltoztatás másodlagos tényezőjének tekinthető.

Irodalom.

ADAM, W., 1933: Recherches sur les glandes des Mollusques terrestres. Bull. Mus. roy. Hist. Nat. Belg. Tome 9. — ADAM, W., 1934: Notes sur les Gastéropodes. Bull. Mus. roy. Hist. nat. Belg. Tome 10. — BAECKER, R., 1932: Die Mikromorphologie von Helix pomatia und einigen anderen Stylommatophoren. Ergebn. Anat. Entw. Bd. 29. — BIEDERMANN, W., 1905: Studien zur vergleichenden Physiologie der peristaltischen Bewegungen. 1. Die locomotorischen Wellen der Schnekkensohle. Pflügers Arch. Bd. 107. — 2. Die Innervation der Schneckensohle. Ibid. Bd. 111. — BOHN, G., 1902: Des ondes musculaires, respiratoires et locomotrices chez les Annélides et les Mollusques. Bull. Mus. Hist. Nat. Paris. Tome 8. — BONSE, H., 1935: Ein Beitrag zum Problem der Schneckenbewegung. Zool. Jahrb. Physiol. Bd. 54. — BUDDEBROCK, W. VON, 1930: Fortbewegung auf dem Boden bei Wirbellosen. Handb. d. norm. u. pathol. Physiologie, Bd. 15, 1. Hälfte, Korrel. I. 1. — BURKHARDT, F., 1916: Das Körperepithel von Helix pomatia L. Inaug. Diss. Marburg. — CAR, L., 1897: Über den Mechanismus der Lokomotion der Pulmonaten. Biol. Zentralbl. Bd. 17. — CARLSON, H. J., 1905: The Physiology of Locomotion in Gastropods. Biol. Bull. Vol. 8. — COPELAND, M., 1919: Locomotion in two Species of the Gastropod Genus Alectrion with Observations on the Behavior of Pedal Cilia. Biol. Bull. Vol. 37. — CROZIER, W. J., 1923: Concerning Laws of Locomotion in Gasteropods. Anat. Rec. Vol. 24. — DUBOIS, R. et F. VLÈS, 1907*a*: Locomotion des Gastéropodes. C. R. Acad. Sci. Paris, Tome 144. — DUBOIS, R. et F. VLÈS, 1907*b*: Sur la reptation des Fissurelles. Bull. Soc. Zool. France. Vol. 32. — FLEISCHMANN, A., 1885: Über die Bewegung des Fusses der Lamellibranchiaten. Zool. Anz. Bd. 8. — GERSCH, M., 1934: Zur experimentellen Veränderung der Richtung der Wellenbewegung auf der Kriechsohle von Schnecken und zur Rückwärtsbewegung von Schnecken. Biol. Zentralbl. Bd. 54. — HERFS, A., 1922: Studien an den Hautdrüsen der Land- und Süsswassergastopoden. Arch. mikr. Anat. Bd. 96. — HERFS, A., 1926: Studien über die Ver-

teilung und die ökologische Bedeutung des Flimmerepithels auf der Haut unserer Land- und Süsswassergastropoden. Verh. Naturhist. Ver. preuss. Rheinlande und Westfalens. 82. Jg. 1925. — HESSE, R., 1924: Tiergeographie auf ökologischer Grundlage. Jena. — HOFFMANN, H., 1925: Pulmonata in Bronns Klassen und Ordnungen des Tierreichs. Leipzig. — JORDAN, H., 1901: Die Physiologie der Lokomotion bei Aplysia limacina. Z. Biol. Bd. 41. — JORDAN, H., 1905: The Physiology of Locomotion in Gastropods. A. Reply to A. J. Carlson. Biol. Bull. Vol. 9. — KIMAKOVICZ—WINNICKI, M. VON, 1914: Clausilium. Eine morphologisch-physiologische Studie. Zool. Jahrb. Syst. Bd. 37. — KISKER, L. 1923: Über Anordnung und Bau der interstitiellen Bindesubstanzen von Helix pomatia. Z. wiss. Zool. Bd. 121. — KRUMBACH, TH., 1917: Napfschnecken in der Gezeitenzone und der Brandungszone der Kartsküste. Zool. Anz. Bd. 49. — KÜHN, W., 1914: Beiträge zur Biologie der Weinbergschnecke (Helix pomatia L.), Z. wiss. Zool. Bd. 109. — KÜNKEL, K., 1899: Die Wasseraufnahme bei Nacktschnecken. Zool. Anz. — KÜNKEL, K., 1903: Zur Locomotion unserer Nacktschnecken. Zool. Anz. Bd. 26. — KÜNKEL, K., 1916: Zur Biologie der Lungenschnecken. Heidelberg. — MAZEK—FIALLA, K., 1933: Über den Zusammenhang zwischen der Lebensweise einiger Landpulmonaten und deren subepithelialen Drüsen. Z. Morph. Ökol. Tiere Bd. 27. — MENCZEL-BEN TOVIM, P., 1934: Die Abhängigkeit der ektodermalen Drüsen der Landschnecken von phylogenetischen und ökologischen Faktoren. Arch. Naturgesch. N. F. Bd. 3. — MERTON, H., 1923: Studien über Flimmerbewegung. Arch. ges. Physiol. Bd. 198. — PARKER, G. H., 1911: The Mechanism of Locomotion in Gastropods. Journ. Morph. Vol. 22. — PARKER, G. H., 1922: The Leaping of the Stromb (Strombus gigas L.). Z. exper. Zool. Bd. 36. — ROBERT, R., 1907: Remarques sur la progression des Rhipidoglosses. Bull. Soc. Zool. France. Vol. 32. — ROBERT, R., 1908: Seconde note sur la progression des Gastéropodes. Ibid. Vol. 33. — RÖCHLING, E., 1922: Der Columellarmuskel von Helix pomatia und seine Beziehungen zur Schale. Z. wiss. Zool. Bd. 111. — ROTARIDES M., 1929*a*: Zur Biologie einer Nacktschnecke (Limax flavus L.). X° Congr. Internat. de Zool. Budapest, 1927. — ROTARIDES M., 1929*b*: Adatok a csigák helyváltoztatásával kapcsolatos kérdések anatomiai megvilágításához. Állatt. Közlem. 26. kötet. — ROTARIDES M., 1930: Die Mundteile der Daudebardia. Arch. Moll. kunde. Bd. 62. — ROTARIDES M., 1931: Szárazföldi csigáink testfalának felépítése ökologiai szempontból. M. Biol. Kutatóint. Munkái. 4. kötet. — ROTARIDES, M., 1933*a*: A Prosobranchiáták lábának szövettani felépítése. Állatt. Közlem. 30. kötet. — ROTARIDES, M., 1933*b*: Bemerkungen zur Rolle der subepithelialen Drüsen bei den Landlungenschnecken. M. Biol. Kutatóint. Munkái 6. kötet. — ROTARIDES M., 1934*a*: A megtapadó (sessilis) vízi csigák környezettani stb. jellemzése az Ancylidákon végzett szövettani vizs-

gálatok alapján. M. Tud. Akad. Mat. és Természettud. Ért. 51. kötet. — ROTARIDES, M., 1934*b*: Zum Formproblem des Schneckenfusses. Zool. Anz. Bd. 108. — ROTARIDES, M., 1934*c*: Über die Länge der Zilien auf der Aussenhaut der Schnecken. M. Biol. Kutatóint. Munkái 7. kötet. — ROTARIDES, M., 1935: Die Schnelligkeit der Lokomotion bei den Landpulmonaten. Z. vergl. Physiol. Bd. 22. — ROTARIDES M., 1936: Vizsgálatok átlátszóvá tett csigákon. Állatt. Közlem. 33. kötet. — ROTH, H., 1929: Zur Kenntnis des Epithels und die Entwicklung der einzelligen Hautdrüsen von Helix pomatia. Z. wiss. Zool. Bd. 135. — SCHMIDT, G., 1916: Blutgefässystem und Mantelhöhle der Weinbergschnecke (Helix pomatia). Z. wiss. Zool. Bd. 115. — SCHNEIDER, K. C., 1902: Lehrbuch der vergleichenden Histologie der Tiere. Jena. — SEMPER, C., 1857: Beiträge zur Anatomie der Pulmonaten. Z. wiss. Zool. Bd. 7. — SIMROTH, H., 1878*a*: Die Tätigkeit der willkürlichen Muskulatur der Landschnecken. Z. wiss. Zool. Bd. 30. Suppl. — SIMROTH, H., 1878*b*: Die Bewegung unserer Landschnecken, hauptsächlich erörtert an der Sohle von Limax cinereoniger WOLF. Z. wiss. Zool. Bd. 32. — SIMROTH, H., 1882*a*: Über das Nervensystem und die Bewegung der deutschen Binnenschnecken. Progr. der Realschule II. Ordn. zu Leipzig. — SIMROTH, H., 1882: Über die Bewegung und das Bewegungsorgan des Cyclostoma elegans und der einheimischen Schnecken überhaupt. Z. wiss. Zool. Bd. 36. — SIMROTH, H., 1885: Einige Bemerkungen über die Neurobranchier, insbesondere Pomatias tesselatus. Zool. Anz. Bd. 8. — SIMROTH, H., 1896—1907: Gastropoda Prosobranchia in Bronns Klassen und Ordnungen des Tierreichs. Leipzig. — SIMROTH, H., 1910: Quelques remarques sur la locomotion des Gastéropodes. Bull. Soc. Zool. France Vol. 35. — SIMROTH, H., 1914: Untersuchungen an marinen Gastropoden. Pigment, Locomotion, Phylogenetisches Arch. Entw. mech. Bd. 39. — SOCHACZEWER, D., 1881: Das Riechorgan der Landpulmonaten. Z. wiss. Zool. Bd. 35. — STERKI, V., 1908: Some Notes on the Locomotive Disk of Stylommatophora. Nautilus. Vol. 22. — TEN CATE, Y., 1923: Quelques recherches sur la locomotion des Limaces. Arch. Néerl. Physiol. Tome 8.— TRAPPMANN, W., 1916: Die Muskulatur von Helix pomatia L. Zugleich ein Beitrag zur Kenntnis der Locomotion unserer einheimischen Pulmonaten. Z. wiss. Zool. Bd. 115. — UEXKÜLL, J. VON, 1921: Umwelt und Innenwelt der Tiere. II. Aufl. Berlin. — ÜEXKÜLL, J. VON, 1925: Zur Physiologie der Patellen. Z. vergl. Physiol. Bd. 2. — VLÈS, F., 1906: Remarques divers sur la reptation des Gastéropodes. Bull. Soc. Zool. France. Vol. 31. — VLÈS, F., 1907: Sur les ondes pédieuses des Mollusques reptateurs. C. R. Acad. Sci. Paris. Vol. 145. — VLÈS, F., 1914: Observations sur la locomotion d'Otina otis. Remarques sur la progression des Gastéropodes. Bull. Soc. Zool. France Vol. 28. — WACHTLER, W., 1929: Anatomie und Biologie der augenlosen Landlungenschnecke Caecilioides acicula MÜLL. Z. Morph. Ökol. Tiere. Bd. 13.— WÄCHTLER,

W., 1935: Zur äusseren Morphologie des Fusses der Monotrematen Landlungenschnecken. Jahrb. Akad. wiss. Erfurt. Heft 52. — WEBER, H., 1924: Ein Umdreh- und ein Fluchtreflex bei Nassa mutabilis. Zool. Anz. Bd. 60. — WEBER, H., 1925: Über arhythmische Fortbewegung bei einigen Prosobranchiern. Ein Beitrag zur Bewegungsphysiologie der Gastropoden. Z. vergl. Physiol. Bd. 2. — WEBER, H., 1926: Über die Umdrehreflexe einiger Prosobranchier des Golfes von Neapel. Ein Beitrag zur Bewegungsphysiologie und Reflexbiologie der Gasteropoden. Z. vergl. Physiol. Bd. 3. — ZAUNICK, R., 1917: Die biologische Bedeutung des Schneckenschleims. Nachrichtsbl. d. D. Malak. Gesellsch. Jg. 47. — ZILL, R., 1924: Die subepithelialen Hautdrüsen von Helix pomatia und einigen anderen Landlungenschnecken. Z. Anat. Entw. Bd. 71.

A képek magyarázata.

1. kép. Fiatal *Helix pomatia*, keresztmetszet a mellső testtájból, a buccalis dúcok magasságában. Chloralhydrat-oldatban kinyúlasztva, rögz. Zenker f. foly., 10 μ. haemalaun. 15 × nagyítva. A laterális vénák a test eleján leszállanak a talp felé s finom végágakat bocsátanak a (sötétszínű) mirigyövbe. A lábmirigy csatornája a láb elején kiszélesedik.

2. kép. *Helix pomatia*, felnőtt példány, keresztmetszet a lábból, a zsigertömlő hátsó részénél. Láb kinyúlasztás nélkül levágva, rögzítés Heidenhain «Susa», 15 μ, haematoxylin-vastimsó, erythrosin. 5 × nagyítva. Az izomzat még az összehúzódott lábban s ebben az aránylag vastag metszetben is igen laza. A venosus lakunarendszer ágait különösen a kép alsó részén, a sötétszínű mirigyövben látjuk. Az izomirányrendszerek közül a transverzális és diagonális transverzális rendszer vehetők ki, továbbá egyes dorsoventrális rostok. Fönt középen a lábmirigy-komplexum és a csatorna.

3. kép. Fiatal *Limax flavus*, keresztmetszet a mellső testtájból, a pedális dúcok magasságában. Chloralhydrat-oldatban kinyúlasztva, rögz. formol-salétromsav, 25 μ, haemalaun. 20 × nagyítva. Viszonylag keskeny talp, melynek három mezeje a képen is felötlik. A lábnak ez a mellső része még ebben a vastag metszetben is igen lazának tűnik fel. Egészen halványan látszanak a szervkomplexumot körülvevő hártyák.

4. kép. *Arion ater* testfala, keresztmetszet a pajzs mögötti testtájból. Rögz. (kiterítés nélkül) Bouin-féle foly. A szervek el vannak távolítva a testüregből. Paraffinmetszet, 30 μ, haematoxylin-vastimsó, erythrosin. 10 × nagyítva. Az izomzat az összehúzódott állapotban két sűrű övet képez, egyet a bőrdúdorok belső határán (nyálkakisajtolás!) és egyet a testfal belső határán. A talp felé a transverzális rostok, egyébként pedig túlnyomóan a diagonális transverzális rostok egymást keresztező rendszerei hálózatos szövedéket képeznek, mely még ebben az igen

vastag metszetben is világosan előtűnik. Laterálisan venosus lakunák, alul középen, a testfal belső határán a lábmirigy. A talp középső, ú. n. lokomotorikus mezeje a rögzítéskor erősen összehúzódott (transvers. rostok összehúzódása!), miáltal itt sötét színben tűnik elő.

5. kép *Ancylus lacustris*, keresztmetszet a mellső testtájból, a buccalis dúcok magasságában. Rögz. Bouin-féle foly., 15 μ, haematoxylin-vastimsó, erythrosin. 40 × nagyítva. A tapadókorongosan működő «patelloid» csigaláb módosult izomzata. Kétoldalt erős rostkötegekből a talp felé kiinduló izomrostok, melyek egymást a középen, a szervek alatt keresztezik. Ezek az izmok a turbospirális csigák kolumella-izmával, pontosabban az ahhoz tartozó retractor pedissel azonosak. Feltűnő, hogy a láb szövetei egyébként igen lazák.

6. kép. *Pomatias elegans*, különleges helyváltoztatású szárazföldi Prosobranchiata-faj, melynek helyváltoztatásában a testnedvek játszanak jelentős szerepet. Keresztmetszet a lábból, közvetlenül a zsigertömlő mögött. Rögz. Bouin-féle foly., 25 μ, haematoxylin-vastimsó, erythrosin. 14 × nagyítva. A bőr alatt közvetlenül látszik a «fehér bőr». A talp egy hosszanti barázdával két félre oszlik, amelyeken helyváltoztatáskor az ú. n. csoszogó párnák képződnek; a két talpfél nem egyszerre működik. Az izomszövet centrálisan igen sűrű, s az intenzív festés következtében igen sötét színben tűnik fel, míg a «fehér bőr» alig színeződött.

7. kép. *Pomatias elegans*, a láb csoszogópárnája keresztmetszetben. 60 × nagyítva. (A technikát lásd a 6. kép magyarázó szövegében.) Főként transverzális és diagonális transverzális rostok. A hosszanti izomzat a sűrűbb és sötétebb övben húzódik (retractor posterior pedis, itt operculum izomnak mondjuk.) Az izomirányrendszerek által alkotott hálózatban a venosus keringési rendszer elemei látszanak.

8. kép. *Arion circumscriptus*, keresztmetszet a mellső testtájon át, a láb jobb felének részlete. Rögz. Flemming-féle foly., 10 μ, Mallory-festés. 150 × nagyítva. Transverzális és diagonális transverzális izomzat által alkotott rácsozat, subepitheliális mirigyek, a venosus keringési rendszer nagyobb és kisebb ágai (fönt, ill. lent), jobbra fönt a lábmirigy komplexumhoz tartozó mirigyek.

Erklärung der Abbildungen.

Abb. 1. *Helix pomatia*, junges Tier, Schnitt durch die vordere Körperregion, in der Höhe der Buccalganglien. Chloralhydratbetäubung, Zenkersche Flüssigkeit, 10 μ, Haemalaun. Vergr. 15 ×. Die Lateralvenen steigen im vordersten Teil des Fusses gegen die Sohle ab, um dort in der Zone der Sohlendrüsen reichlich zu verzweigen, ein Zeichen dafür, dass in dieser Fussregion der Blutdruck eine wichtige Rolle spielt. Der Fussdrüsenkanal breitet sich in dieser Region stark in die Quere aus.

Abb. 2. *Helix pomatia*, ausgewachsen, Schnitt durch den Fuss unter dem hinteren Abschnitt des Eingeweidesackes. Tier nicht betäubt, Fuss abgeschnitten, Fixierung Heidenhain «Susa», 15 μ, Haematoxylin-Eisenalaun, Erythrosin. Vergr. 5 ×. Die Muskulatur erscheint in diesem verhältnismässig dickem Schnitt, in dem etwas zusammengezogenen Fuss noch immer ziemlich locker. Die Abzweigungen des venösen Lakunensystems treten in der Zone der Sohlendrüsen schön hervor (weisse Flecken in der dunklen Zone, unten). Von den Richtungssystemen der Muskulatur erscheinen im Bilde Transversal- und Diagonal-Transversal-Fasern, ferner einzelne Fasern von dorsoventraler Richtung. Oben in der Mitte Fussdrüsenkomplex und Fussdrüsenkanal.

Abb. 3. *Limax flavus*, junges Tier, Schnitt durch die vordere Körperregion, in der Höhe der Pedalganglien. Chloralhydratbetäubung, Formol-Salpetersäure, 25 μ, Haemalaun. Vergr. 20 ×. Der lokomotorische Fussteil ist sehr locker gebaut, von zahlreichen Lücken durchzogen. Der Organkomplex, welcher ziemlich lose in der Körperhöhle liegt, ist von, im Bilde nur ganz wenig sichtbaren Membranen umgeben.

Abb. 4. *Arion ater*, Körperhülle, Querschnitt hinter dem Schild. Die inneren Organe sind entfernt. Fixierung ohne Betäubung in Bouinscher Flüssigkeit, Paraffinschnitt, 30 μ, Haematoxylin-Eisenalaun, Erythrosin, Vergr. 10 ×. Die Muskulatur zeigt in diesem zusammengezogenen Zustande des Körpers zwei dichte (in dem Bilde dunkle) Zonen. Die eine von diesen begrenzt innen die Hautdrüsenzone, die andere liegt an der inneren Grenze der Körperhülle. Das lockere Muskelgeflecht zwischen diesen beiden Zonen wird hauptsächlich von zwei sich kreuzenden Diagonal-Transversalsystemen gebildet; gegen die Sohle zu treten Transversal-Fasern hervor. Die Seitenvenen erscheinen im Bilde als weisse Flecken in der Körperwand. Fussdrüse unten in der Mitte, an der inneren Grenze der Körperhülle. Das lokomotorische Mittelfeld der Sohle (dunkler Teil) hat sich infolge der Fixierung stark zusammengezogen (Wirkungsweise der Transversalfasern).

Abb. 5. *Ancylus lacustris*, Schnitt durch die vordere Körperregion, in der Höhe der Buccalganglien. Bouinsche Flüssigkeit, 15 μ, Haematoxylin-Eisenalaun, Erythrosin. Vergr. 40 ×. Spezialisierte Muskulatur des haftscheibenartig wirkenden «patelloiden» Schneckenfusses. Beiderseits vom Organkomplex starke Muskelbündel, die gegen die Sohle ausstrahlen und sich zum Teil median unter dem Organkomplex kreuzen. Diese Muskeln sind mit dem Kolumellarmuskel, bezw. mit den zu diesem gehörigen Fussretraktoren der turbospiraligen Schnecken identisch. Auffällig ist, dass der Fuss sonst sehr locker gebaut ist.

Abb. 6. *Pomatias elegans*, luftatmender Prosobranchier mit spezieller Lokomotion, die hauptsächlich auf regulierbarem Blutdruck beruhen soll. Schnitt durch den Fuss, unmittelbar hinter dem Eingeweidesack. Bouinsche Flüssigkeit, Paraffinschnitt, 25 μ, Haematoxylin-Eisenalaun,

Erythrosin. Vergr. 14×. Unmittelbar unter dem Epithel erscheint eine lockere Zone, die sog. «weisse Haut». Die Sohle ist durch eine Längsfurche auf zwei Hälften geteilt, auf welchen infolge des Blutdruckes Gleitpolster (ähnlich Pseudopodien) zum Zwecke der Lokomotion gebildet werden. Zentral bildet die Muskelmasse ein sehr dichtes Geflecht, das im Präparate stark überfärbt ist, während die Fasern der peripher gelegenen, lockeren Zone ziemlich hell erscheinen.

Abb. 7. *Pomatias elegans*, Gleitpölsterchen des Fusses im Fussquerschnitt. Vergr. 60×. Technik wie bei Abb. 6. Hauptsächlich Transversal- und Diagonalfasern. Die Längsmuskulatur (zum Teil hinterer Fussretraktor, Operkelmuskel) zieht mehr zentral, in den Maschen des Diagonal-Transversalgeflechtes. Im Muskelkomplex sind einzelne lakunenartige Leitwege des venösen Zirkulationssystems sichtbar.

Abb. 8. *Arion circumscriptus*, Schnitt durch die vordere Körperregion, Teilbild der rechten Fusshälfte. Fixierung Flemmingsche Flüssigkeit, 10 μ, Färbung Mallory. Vergr. 150×. Muskelgeflecht, gebildet durch Diagonal-Transversystemen, subepitheliale Drüsen, grössere und kleinere Zweige des venösen Zirkulationssystems (oben, bezw. unten), oben rechts Drüsen des Fussdrüsenkomplexes.

(A M. T. Akadémia III. osztályának 1936. márc. 16-án tartott üléséből.)

DIE MORPHOLOGISCHEN GRUNDLAGEN DER LOKOMOTION DER SCHNECKEN.

Von MIHÁLY ROTARIDES, Budapest.

(Aus der I. Abteilung des Ungarischen Biologischen Forschungsinstitutes. Direktor Prof. Dr. Géza Entz.)

Tafel IV—VI.

Inhalt des ungarischen Textes: 1. Einleitung. 2. Die Muskulatur und ihre Wirkungsweise. 3. Die Rolle der Cilien. 4. Die Drüsen und die Rolle des Schleims. Die Rolle des Blutes (der Körpersäfte). 6. Die Bedeutung des Bindegewebes. 7. Eidonomie, Ökologie, Lokomotion. 8. Körpergrösse, Körpergewicht und Lokomotion.

Zusammenfassung.

Vorliegende Arbeit stellt eine kritische Behandlung der morphologischen und physiologischen Angaben der Literatur über die Lokomotion der Schnecken dar. Die früheren Angaben werden mit den Beobachtungen und Folgerungen des Verfassers auf Grund seiner morphologischen Untersuchungen ergänzt.

Die Lokomotion der Schnecken beruht auf drei Faktoren: Auf der Wirkungsweise der Muskulatur (longitud., transvers. und dorsoventrale Fasern), auf dem Schlagen der Cilien (Beförderung des Schleims) und auf dem Blutdruck.

Die Muskulatur lässt sich bei ihrer verschiedenen Ausbildung bei den einzelnen Arten auf eine gemeinsame Grundform, nämlich auf die gleichen Richtungssysteme zurückführen. Hieraus folgt, dass die durch die Muskulatur hervorgerufene Lokomotion im Wesentlichen bei allen Schneckenarten auf denselben Gesetzmässigkeiten beruht.

Von den oben angeführten Faktoren der Lokomotion ist die Wirkung der Muskulatur als Hauptfaktor zu betrachten, zu dem sich in Ausnahmsfällen der regulierbare Blutdruck und die Bewegung der Cilien (bei einzelnen kleineren Arten) als unbedingte Voraussetzung gesellen kann.

Die Lokomotionswellen werden zum Teil durch die Muskulatur und wahrscheinlich zum Teil durch den Blutdruck hervorgerufen.

Zu dem Zustandekommen des Lokomotionseffektes der Wellen ist die Ablagerung des Schleimbandes und das Schlagen der Cilien nötig. Diese beiden sind als sekundäre Faktoren der Lokomotion zu betrachten.

(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften vom 16 März 1936.)

AZ ALFÖLDI HOMOKOS TALAJOK BIOCHÉMIAI VIZSGÁLATA, TEKINTETTEL A FÁSÍTÁSRA.

A m. kir. József Nádor Műegyetem Erdőmérnöki Osztályának Növénytani Intézetéből.

FEHÉR DÁNIEL-től.

Bevezetés.

A háborúutáni megcsonkított Magyarországnak egyik legégetőbb és legsürgősebb problémája az ország faellátásának a megoldása. Az a nagy veszteség, amely Magyarországot éppen legjelentékenyebb terjedelmű erdőterületeinek az elvesztésével érte, az ország pénzügyi helyzetében olyan katasztrofális helyzetet teremtett, amely még az elmult években is lehetetlenné tette külkereskedelmi mérlegünk aktivitását. Világos tehát, hogy egyenesen a magyar nemzet öncélúságának az érdekében áll fatermelésünket a lehetőség megadta keretek között a csonka országban is olyan módon fokozni, hogy ezáltal ezen az áldatlan helyzeten valamiképpen segíteni tudjunk. Ez a nehéz helyzet szülte meg az 1923. évi XIX. törvénycikket az Alföld fásításáról és ennek a helyzetnek köszönhető, hogy az alföldfásítási munkálatok az ország nehéz pénzügyi helyzete által okozott átmeneti ellanyhulás után a közeljövőben megint egy nagyszabású alföldfásító programm keretében fognak megindulni.

A magyar erdőgazdaság a homok és a kopár fásítás után már évtizedekre visszamenő gazdag tapasztalatokkal rendelkezik. Több mint 100,000 katasztrális holdra tehető annak a területnek a mértéke, amelyet az elmult évtizedek alatt mint futóhomokot vagy teljesen kopár egyéb területet a Nagy Magyar-Alföldön befási-

tottunk. Elég itt a delibláti homokpusztákra vagy Szeged, Kecskemét és Szabadka városok nagyszabású erdősítésére rámutatnunk. Mindezen munkálatok folyamán főleg két olyan fafajunk használata alakult ki, amelyek az alföldfásításnál a legtömegesebben vannak képviselve. Ezek egyike az ákác, a másik pedig a feketefenyő, amelyet az utóbbi években az arra alkalmas helyeken mindinkább erdei fenyővel igyekeznek helyettesíteni.

Az ákácfásítás különösen az első időkben rendkívül szép eredményekkel kecsegtetett. Ez a xerophyta-természetű és így a termőhely nagy szárazságát elbíró fafaj még a legszegényebb futóhomokon is kitűnő eredménnyel kezdett tenyészni. A talaj humusz- és nitrogéntartalmával szemben alig támasztott igényeket, mert hiszen ez utóbbi szükségletét a gyökerével symbiózisban álló *Bacillus radicicola* segítségével közvetlenül fedezheti. Az alföldfásítás ezen kezdetleges idejében kapva-kaptak tehát ezen hálásnak mutatkozó fafaj iránt. Később azután a már megtelepített ákácerdők egy jelentékeny részében kellemetlen növekedési zavarok léptek fel. A fák fejlődésükben visszamaradtak, betegeskedni kezdettek, pajzstetükárok, száradás, majd rovar- és gombakárok léptek fel rajta. Világos volt tehát, hogy ezen káros jelenségeknek az okát már a gyakorlati alföldfásítás érdekében is minden erővel meg kellett keresni, hogy azután kiküszöbölhetők legyenek. Ezért a magyar erdőgazdaságnak már a háború előtt, de főként a háború után, éppen az alföldfásítás rendkívül nagy fontosságára való tekintettel, érdemleges sürgős problémájává vált az úgynevezett ákáckérdés megoldása. Az, hogy az ákác nitrogénvegyületeit illetőleg teljesen független a talajtól és vízgazdálkodása tekintetében pedig a termőhely nagyfokú szárazságához alkalmazkodott, világosan mutatta azt, hogy az észlelt káros jelenségek okát elsősorban az alföldi homokos talajaink ásványi anyag gazdálkodása terén kell keresni. Hogy itt elsősorban a kálium- és a phosphorgazdálkodásról volt szó, magától értetődik. Mert hiszen ezek a mészben többé-kevésbbé tartalmasabb, de egyébként erősen elszegényedett talajaink előreláthatólag ezt a két könnyen és tömegesen felhasználható biogénfaktort tartalmazzák olyan kis mértékben, hogy ezeknek a hiánya előbb vagy utóbb, mint minimumtényező fogja korlátozni az ilyen talajokra telepített erdők normális táplálkozási

és növekedési viszonyait. Annak a körülménynek, hogy az ákác a többi fafajokhoz viszonyítva fokozottabb mértékben veszi igénybe a termőhely tápanyagkészletét, mindenki előtt, aki a fák táplálkozásának élettani törvényszerűségével tisztában van, világossá kellett válni. Ennek a fafajnak a gyors növekedése, amely lehetővé teszi, hogy 20—25 év alatt vághatókorú állományokat alkossunk vele, természetesen fokozott és nagymérvű anyagfelhasználódással és anyagfelvétellel jár. Világos tehát, hogy amikor az ákác a testének felépítéséhez szükséges szerves anyagokat, főleg ezeknek széntartalmú vegyületeit a levegő szénsavából és nitrogénjéből fedezi, úgy valószínűleg a *P*- és *K*-szükséglete szempontjából a talajjal szemben fog nagyobbmérvű igényekkel fellépni. Ehhez járul még az a körülmény is, hogy a gyakori és ismételt áterdőlések alkalmával a rőzsével és a vékony ágakkal éppen az ásványi anyag szempontjából leggazdagabb növényi részeket távolítjuk el évről-évre az erdőkből és minthogy az ákácnál rövid vágásforduló miatt a többi fafajokhoz viszonyítva sokkalta gyakoribbak a tisztítási és áterdőlési műveletek, úgy világos, hogy ezen a téren szinte a rablógazdaságot megközelítő eljárást folytatunk. Még jobban súlyosbítja a helyzetet a mezőgazdasági köztes használat, amely a már amúgyis kizsarolt talajok humusztartalékát és ásványi anyagkészletét a rendkívül nagy igényekkel rendelkező mezőgazdasági növényekkel még az ákácnál is fokozottabb mértékben használja ki.

Mindezek a körülmények arra indítottak bennünket, hogy széleskörű és kiterjedt vizsgálatok alapján igyekezzünk mindezeket a problémákat felderíteni.

A következőkben azokat a vizsgálatokat, amelyeket korábban folytattunk le és amelyeknek az eredményét legalább már részben közöltük, a legújabb vizsgálatokkal együtt a könnyebb áttekinthetőség kedvéért egy szerves egységben foglaltam össze. A részben már másutt közölt vizsgálatokat természetesen csak nagy vonásokban ismertetem.

A kísérleti területek leírását röviden a következőkben közlöm:

1. sz. kt.: Homokostalaj — Sandboden. Robinia pseudacacia (4—5, 0·9) [1] Tn.: [2] Festuca vaginata.

---

[1] A zárójelben írt számok az állomány korát és a záródást jelölik.

[2] Tn = talajnövényzet.

2. sz. kt.: Homokos talaj — Sandboden. Robinia pseudacacia (5—6) Tn.: Cynodon dactylon.
3. sz. kt.: Homokos talaj — Sandboden. Robinia pseudacacia (8—10, 1.0) Tn.: Poa angustifolia.
4. sz. kt.: Homokos talaj — Sandboden. Robinia pseudacacia (8—10). Tn.: Festuca vaginata, Fumana vulgaris.
5. sz. kt.: Barna kötött homok — Brauner gebundener Sand. Quercus robur (30—35, 1·0). Tn.: 0.
6. sz. kt.: Fölül sötétszürke, lejebb sárga homok — Oben dunkelgrauer, dann gelber Sand. Populus alba (30—35, 0·9). Tn.: Agropyron repens, Bromus sterilis, Dactylis glomerata, Hieracium umbellatum, Leontodon hispidus, Anthriscus trichospermum, Silene vulgaris, Euphorbya cyparissias; Medicago falcata, Salix rosmarinifolia, Asparagus officinalis, Prunella vulgaris, Taraxacum officinale.
7. sz. kt.: Világosbarna, majd világosszürke homok — Gelbbrauner, unten weissgrauer Sand. Alnus glutinosa (20—30, 0·9). Tn.: Sambucus nigra, Poa angustifolia, Coronilla varia, Helleborine atropurpurea, Asparagus officinalis, Poa compressa, Agrostis alba, Rubus caesius, Salix rosmarinifolia, Hieratium umbellatum.
8. sz. kt.: Sárgásbarna homok — Gelbbrauner Sand. Betula pendula (20—25, 0·9). Tn.: Salix rosmarinifolia, Poa compressa, Hieracium umbellatum, Euphorbya cyparissias, Poa angustifolia, Helleborine atropurpurea, Andropogon ischaemum.
9. sz. kt.: Egyenletes homoktalaj — Gleichmässiger Sandboden. Pinus nigra (20, 0.9—1.0). Tn.: 0.
10. sz. kt.: Futóhomok 1 m mélységben humuszos réteg — Flugsand in 1 m Tiefe, humose Schicht. Cynodon dactylon ass.
11. sz. kt.: Futóhomok — Flugsand. Festuca vaginata ass.
12. sz. kt.: Futóhomok — Flugsand. Festuca vaginata ass.
13. sz. kt.: Barna és fekete homok — Schwarzer und brauner Sand. Calamagrostis epygeios ass.

14. sz. kt.: Futóhomok — Flugsand. Festuca vaginata, Fumana vulgaris ass.
15. sz. kt.: Humuszos barna homok — Humoser brauner Sand. Salix rosmarinifolia, Calamagrostis ass.
16. sz. kt.: Világossárga, majd szürke homok — Lichtgelber, unten grauer Sand. Salix rosmarinifolia ass.
17. sz. kt.: Barna homok — Brauner Sand. Cynodon dactylon ass.
18. sz. kt.: Barna, humuszos, majd agyagos homok — Brauner humoser Sand. Festuca sulcata ass.
19. sz. kt.: Barna homok — Brauner Sand. Festuca vaginata, Festuca sulcata, Anaropogon ischaemum ass.
20. sz. kt.: Futóhomok, 110 cm mélységben humuszos réteg — Flugsand, in 110 cm Tiefe humose Schicht. Cynodon dactylon ass.
21. sz. kt.: Futóhomok, 110 cm mélységben humuszos réteg — Flugsand, in 110 cm Tiefe humose Schicht. Salix-Calamagrostis ass.
22. sz. kt.: Futóhomok — Flugsand. Festuca vaginata ass.
23. sz. kt.: Barna humuszos homok — Brauner humoser Sand. Molinia coerulea ass.
24. sz. kt.: Sötét homok, 55 cm mélységben futóhomok — Dunkler Sand von 55 cm Flugsand. Robinia pseudacacia (35—40). Tn.: Festuca-Fumana ass.
25. sz. kt.: Homokos talaj — Sandboden. Tn.: Salix rosmarinifolia ass.
26. sz. kt.: Homokos talaj — Sandboden. Robinia pseudacacia. Tn.: 0.
27. sz. kt.: Homokos talaj — Sandboden. Robinia pseudacacia. Bromus sterilis, Poa angustifolia, Anthriscus trichospermus, Torilis anthriscus, Bromus mollis, Hieracium umbellatum, Hordeum murinum, Melandryum album, Dactylis glomerata, Bromus tectorum.
28. sz. kt.: Homokos talaj — Sandboden. Cynodon dactylon, Poa angustifolia, Agrostis alba, Euphorbia cyparissias, Agropyron repens, Verbena officinalis, Achillea asplenifolia.
29. sz. kt.: Homokos talaj — Sandboden. Poa angustifolia,

Agrostis alba, Festuca pseudovina, Centaurea pannonica, Achillea asplenifolia, Agropyron repens, Poa compressa.

30. sz. kt.: Homokos talaj — Sandboden. Bromus sterilis, Ballota nigra, Poa angustifolia, Cynoglossum officinale, Euphorbia cyparissias.

31. sz. kt.: Homokos talaj — Sandboden. Dactylis glomerata, Poa compressa, Madicago falcata, Agrostis tenuis, Hieracium umbellatum, Euphorbya cyparissias, Salvia pratensis, Agropyron repens, Poa angustifolia.

32. sz. kt.: Homokos talaj — Sandboden. Sambucus nigra, Poa angustifolia, Stellaria media, Bromus sterilis, Taraxacum officinale, Clinopodium album, Urtica dioica.

33. sz. kt.: Homokos talaj — Sandboden. Sambucus nigra, Solanun dulcamara, Cannabis sativa, Poa angustifolia, Cynoglossum officinale.

34. sz. kt.: Homokos talaj — Sandboden. Sambucus, Rubus caesius.

36. sz. kt.: Futóhomok buckákkal — Sand mit Flugsandkuppen. Robinia pseudacacia (28, 0·9). Tn.: Anthriscus trichospermus.

37. sz. kt.: Futóhomok buckákkal — Sand mit Flugsandkuppen. Pinus nigra (46, 0·9). Tn.: 0.

38. sz. kt.: Homokos talaj, helyenként buckákkal — Sandboden durch Sandkuppen durchschossen. Robinia pseudacacia, elszórtan — zerstreut: Populus tremula (15, 0·8). Tn.: Különféle füvek — Verschiedene Gräser, Euphorbia cyparissias, Polygonatum officinale, Asparagus officinalis.

39. sz. kt.: Homokos talaj — Sandboden. Robinia pseudacacia elszórtan — zerstreut: Populus tremula (26, 0·9). Tn.: Különféle füvek — Verschiedene Gräser, Euphorbia cyparissias, Polygonatum officinale, Asparagus officinalis.

40. sz. kt.: Homok, humuszos réteggel — Sand mit Humusschicht. Robinia pseudacacia (19, 0·8). Tn.: Anthriscus trichospermus, Urtica dioica.

41. sz. kt.: Homok, humuszos réteggel — Sand mit Humusschicht. Robinia pseudacacia (19, 0·6). Tn.: Poa angustifolia, Euphorbia cyparissias, Festuca pseudovina.
42. sz. kt.: Futóhomok — Flugsand. Robinia pseudacacia (7, 0·2). Tn.: Fumana vulgaris, Festuca vaginata.
43. sz. kt.: Futóhomok — Flugsand. Robinia pseudacacia (18, 0·9). Tn.: Anthriscus trichospermus.
44. sz. kt.: Futóhomok — Flugsand. Pinus nigra (32, 0·6). Tn.: Calamagrostis epigeios, Salix rosmarinifolia.
45. sz. kt.: Futóhomok — Flugsand. Pinus nigra (32, 0·8). Tn.: Hieracium umbellatum.
46. sz. kt.: Kopár futóhomok — Flugsand, öde. Tn.: 0.
47. sz. kt.: Kopár futóhomok — Flugsand, öde. Tn.: Fumana vulgaris.
48. sz. kt.: Homokos talaj — Sandboden. Robinia, Quercus, Ulmus, Fraxinus (—, 1·0). Tn.: 0.

A kísérleti módszerekre vonatkozólag utalok az irodalomra és itt csak röviden ismertetem azokat. (1)

A vizsgálatok folyamán meghatároztuk:

1. A talaj citromsavban oldható káliumtartalmát,
2. a citromsavban oldható phosphorsavtartalmát,
3. az összes nitrogén, valamint a nitrátnitrogéntartalmat,
4. a mésztartalmat,
5. a humusztartalmat,
6. a *ph*-értékeket,
7. a víztartalmat,
8. az összes baktériumszámot (aerob + anaerob),
9. a fiziológiai baktériumcsoportokat (nitrifikáló, denitrifikáló és nitrogénkötő baktériumok),
10. a talajlélekzést és
11. a levegő CO_2-tartalmát.

I. A homokos erdőtalajok baktériumflórájának kifejlődése és szénsav (CO_2) termelése.

Ez a kérdés a homokos erdőket alkotó fafajok asszimilációs működése és széntáplálkozása szempontjából rendkívül fontos.

Hiszen a korábbi értekezéseim és vizsgálataim során már ismételten rámutattam arra, hogy a fák növekedése szempontjából mennyire fontos a talaj által termelt szénsav mennyisége, miután ennek a növelése egy bizonyos határon belül a növekedést jelentékenyen előmozdíthatja. Viszont a szénsavtermelés egyenesen eredője a talajban élő baktériumok életműködésének. Ezeknek a száma, ha közöttük a rendes, a levegő oxygénjének a hozzájárulásával keletkezett korhadási folyamatokat előidéző aerob (levegőn élő) baktériumok vannak túlsúlyban, közvetlenül befolyásolja a talaj CO_2-termelését.

A homokos erdőtalajok tudvalevőleg kevés humusztartalmúak és szárazságuk következtében nem igen kedvezőek a baktériumok számára. Meg kellett tehát mindenekelőtt vizsgálni a homoki erdők talajának a baktérium életét és az ezzel kapcsolatos szénsavtermelését. Ezeket a vizsgálatokat a 36., a 37., a 38. és a 39. sz. alföldi homokos talajbiológiai kísérleti területeken végeztük.

Természetesen, mint a korábbi vizsgálatoknál, itt is mértük az összes fontos, a talaj életét befolyásoló biokémiai és bioklimatikus tényezőket. Az eredményeket a jobb összehasonlíthatóság kedvéért a többi, a kötött talajokon végzett méréseink eredményeivel együtt egy összehasonlító táblázatban közlöm (lásd 1. sz. táblázat), amelybe még néhány jellemző, más talajokon végzett vizsgálataim eredményét is belefoglaltam. Itt mindjárt megjegyzem, hogy miután a korábbi vizsgálatok során már beigazolódott, hogy a talajélet mennyiségi és minőségi tekintetben az évszakokkal összefüggő időszaki változásoknak van alávetve, csak olyan eredményeket hasonlítok egymással össze, amelyek közel hasonló évszakokban lettek vizsgálva.

Az eredmények rendkívül érdekesek. Először is világosan mutatják, hogy a homokos erdőtalajok baktériumflórája számszerűleg alatta marad a kötött erdőtalajok baktériumflórájának. De dacára ezen körülménynek, a talajlélekzés és az állományok levegőjének a szénsav tartalma semmiben sem marad vissza a kötött talajokon levő erdők hasonló adatai mögött. A kérdés magyarázata pedig egyszerűen a homokos erdőtalajok jó fizikai állapotában, elsősorban kitűnő levegőkapacitásában keresendő.

A talajlélekzés ugyanis nem egyéb, mint a korhadó humusz-

1. Táblázat. — Tabelle 1.

Száma Nr.	A kísérleti terület helye Ort der Versuchsfläche	Baktériumszám 1 gr nedves földre vonatkozólag Bakterien pro Gramm, feuchter Erde			Talajlélekzés mg/h és m² CO_2 Produktion mg/Std. m²	A levegő CO_2 tartalma mg/l CO_2-Gehalt der Waldluft mg/l			Humusztartalom Humusgehalt	pH	Megfigyelési idő Beobachtungszeit
		Aerob	Anaerob	Összesen Zusammen		0,3 m	3,0 m	9,0 m	%		
						magasságban Höhe					
38.	Kecskeméti ákácos Robinienwald bei Kecskemét	5.800,000	7.000,000	12.800.000	1,211	0,725	—	0,596	1·01	6·82	1928. VII. 30—VIII. 14.
39.	Kecskeméti ákácos Robinienwald bei Kecskemét	4.800 000	2.900,000	7.700,000	0,560	0,687	—	—	0·66	6·98	1928. VII. 30—VIII. 14.
36.	Szegedi ákácos Robinienwald bei Szeged	6.600,000	1.400,000	8.000,000	1,182	0,729	—	0,491	1·11	7,18	1928. VIII. 31—IX. 7.
37.	Szegedi feketefenyves Schwarzkiefernwald in Szeged	6.400,000	1.500,000	7.900,000	0,847	0,708	—	—	1·32	7·22	1928. VIII. 31—IX. 7.
	Kiskomárom erdei fenyves Kiefernwald bei Kiskomárom	9.000,000	2.000,000	11.000,000	0,878	0,901	0,745	0,628	1·81	5·4	1927. VII. 26—VIII. 8.
	Kiskomárom tölgyes Eichenwald in Kiskomárom	36.000.000	8.800,000	44.800,000	1,057	0,843	0,732	0,478	1·73	5·2	1927. VII. 15—VII. 25.
	Soproni lúcos Fichtenwald bei Sopron	8.000,000	1.800,000	9.800,000	0,924	—	0,935	—	1·90	6·74	1928. VIII. 1—VIII. 31.
	Hallands-väderői bükkös Buchenwald in Hallands-Väderő	11.500 000	3.000,000	14.500,000	0,870	0,779	0,748	0,669	4·2	5·2	1926. VII. 14—VIII. 3.
	Hallands-väderői erdei fenyves Kiefernwald in Hallands-Väderő	2.950,000	500,000	3.450.000	0,298	0,707	0,677	0,627	0·5	4·2	1926. VIII. 28—IX. 11.
	Hallands-väderői égererdő Erlenwald in Hallands-Väderői	5.700,000	5.000,000	10.700,000	0,237	0,641	0,578	0,537	8·6	4·1	1926. VI. 19—VII. 7.

anyagoknak baktériumok által való oxidációjánál keletkezett szénsaváramlás. Ha a baktériumoknak elegendő levegő áll rendelkezésére, úgy természetesen munkájuk intenzitása jelentékenyen megnagyobbodik és ezzel számbeli kisebbségüket jelentékenyen ellensúlyozni tudják. A homokos talajok baktériumszámának kisebb volta viszont ezen talajok szárazságával függ össze. A baktériumok intenzív munkájának eredményeképpen azután természetesen a homokos erdőtalajok humusztartalma is jelentékenyen megkisebbedik.

Ezeknek a vizsgálatoknak az eredménye tehát beigazolta, hogy az alföldi erdők táplálkozási és növekedési viszonyainál a talajlélekzés és ezzel együtt az asszimiláció ki nem elégítő voltától nem kell tartanunk.

A vizsgálatok eredményei különben is azt mutatják, hogy, amint ezt már az Erdészeti Lapokban (1) a tarvágás biológiai vonatkozásairól írt értekezésemben megmondottam, a talajélet legnagyobb intenzitását az 5—20 cm körüli talajrétegekben találjuk meg. Itt mindjárt rá kell mutatnom arra is, hogy az alföldi erdőtalajok, de különösen a gyérzáródású ákácerdők talajai a nyár folyamán időnként nagyon erősen átmelegednek. A felületen néha 60—70 C° (Magyar 1929-ben) hőmérsékletet is mértek. Azonban úgy látszik, a homokos talajok nagyobbmérvű levegőtartalma mint kitűnő szigetelőréteg szerepel és a felső, erősen átmelegedett rétegek alatt hirtelen lecsökken a hőmérséklet olyan fokra, amely már a baktériuméletet erősebben nem károsítja.

II. A homokos erdőtalajok humusztartalma.

A humusztartalom éppen úgy, mint az erdőtalajok *ph*-értékei, szintén állandó időszaki ingadozásoknak vannak alávetve. Ezért ezt a kérdést a később tárgyalandó nitrifikációs vizsgálatokkal együtt egy egész éven keresztül rendszeres vizsgálatoknak vetettük alá. Az eredményeket a 2. sz. táblázat megfelelő rovatai mutatják.

Ezen vizsgálati eredményekből minden nehézség nélkül megállapítható, hogy az ákácerdők talajának humusztartalma általában az alföldi homokos erdőtalajokra telepített feketefenyő *(Pinus nigra)* erdők talajának humusztartalma alatt marad. Ez a jelenség

2. Táblázat. — Tabelle 2.

Sorszám Nr.	A kísérleti terület jele Bezeichnung der Versuchsflächen	Összes *N* Gesamt *N* (g/g)	Nitrat *N* (g/g)	Humusztartalom Humusgehalt (%)	pH		Összes baktériumszám Gesamt Bakterien	Aerob	Anaerob	Nitrogénkötők Nitrogenbinder	Nitrifikálók Nitrifizierende	Denitrifikálók Denitrifizierende	Nitrogénkötők + Nitrogenbinder Nitrifikálók + Nitrifizierende
1.	Fenyőerdők Sopron környékén Fichtenwälder bei Sopron	0·0004774	0·00002209	1·98	6·51	10·6	9.776,000	9.142,500	633,500	120,000	22,400	590,000	144,400
2.	Lomberdők Sopron környékén Laubwälder bei Sopron	0·0004175	0·00002674	1·98	6·53	12·5	8.953,500	8.157,500	796,000	115,000	35,500	780,000	150,500
3.	Tarra vágott terület Sopron környékén Kahlschlagsfläche bei Sopron	0·0003689	0·00003625	2·97	6·59	10·5	11.200,000	10.660,000	540,000	118,000	25,500	835,000	143,500
4.	Rét Sopron környékén Wiese bei Sopron	0·0004299	0·00003345	2·36	6·50	13·6	11.200,000	10.500,000	700,000	100,000	25,000	830,000	125,000
5.	Kecskeméti ákácos 38 Robinienwald bei Kecskemét 38	0·0002556	0·00003250	1·01	6·82	—	2.780,000	2.600,000	180,000	44,000	44,000	460,000	88,000
6.	Kecskeméti ákácos 39 Robinienwald bei Kecskemét 39	0·0002403	0·00003169	0·66	6·98	—	3.400,000	2.800,000	600,000	240,000	220,000	640,900	460,000
7.	38 és 39 kecskeméti ákácosok Robinienwälder in Kecskemét 38 u. 39	0·0002484	0·00003169	0·83	6·90	—	3.100,000	2.700,000	400,000	140,000	140,000	550,000	280,000
8.	Szegedi ákácos 36 Robinienwald bei Szeged 36	0·0002517	0·00003120	1·11	7·18	—	4.000,000	3.500,000	500 000	220,000	44,000	620,000	264,000
9.	36., 38., 39. sz. ákácosok Robinienwälder Nr. 36, 38, 39	0·0002501	0·00003144	0·91	7·04	—	3.500,000	3.100,000	400,000	180,000	100,000	575,000	280,000
10.	Szegedi feketefenyőerdő 37 Schwarzkiefernwald bei Szeged 37	0·0006213	0·00002460	1·32	7·22	—	4.500,000	3.900,000	600,000	400,000	44,000	260,000	444,000

kétségkívül az ákác gyengébb humuszképző tulajdonságával függ össze, amely viszont részben az ákác gyér lombozatára, részben pedig az ákác lehullott leveleinek könnyebb korhadóképességére vezethető vissza. Az agrikulturkémiai és talajtani kutatások szerint általában a lombfák a talajt humuszban jobban gazdagítják, mint a fenyők. Az ákác azonban kivétel e szabály alól, miután világosságot nagy mértékben igénylő fafaj lévén, úgylátszik gyér lombozata és az ebből folyó ritka lombhullása nem gazdagítja eléggé humuszban a talajt. A humuszfelhalmozódás egyébként az erdő táplálkozása szempontjából nagyon fontos körülmény. Ez adja meg ugyanis az erdő talajának azt a nyers tápanyagmennyiséget, amelyet ez a korhadás útján a fák által felvehető szervetlen sókká tud átalakítani. Amilyen kellemetlen a magasabb északi szélességek alatt a túlzott mértékű és savanyúságra hajló humuszfelhalmozódás, éppen olyan fontos a kontinentális arid klíma alatt az erdő talajának állandó és megfelelő humusztartalma, mert hiszen ez adja meg az erdőtalaj tápanyagtartalékát. Különösen fontossá válik ez a kérdés az alföldi homokos erdőtalajokon, mert itt a talajt javítani és tápanyagokkal ellátni csak azok a fafajok fogják tudni, amelyek ezt elegendő humuszmennyiséggel képesek gyarapítani. Az a tény tehát, hogy az ákác humuszképzés szempontjából a feketefenyővel szemben inferioritásban marad, különös súllyal esik latba az ákácfásítás problémájának tárgyilagos elbírálásánál.

III. A homokos erdőtalajok nitrogénanyagcseréje.

Az erdőtalaj N-anyagcseréje ezen biológiai folyamat legfontosabb fázisaihoz tartozik. Hiszen elegendő itt csak annyit megjegyeznem, hogy például Észak-Európában az ottani podsoltalajok hiányos nitrifikációja, amelyet egyébként a savanyú humuszfelhalmozódás idéz elő, egyik legnagyobb akadálya az állományok normális növekedésének. Az erdő talajának N-gazdálkodása szempontjából megkülönböztetjük a benne található összes N-mennyiséget, amelyben a humuszban található szerves és még fel nem dolgozott vegyületek N-je is benn foglaltatik és a nitrát N-tartalmat, amelyben már csak az a N-mennyiség fordul elő,

amelyet az összes *N*-tartalmú vegyületekből a nitrifikáló baktériumok nitrátokká alakítottak át.

Bár az erdei fák jelentékeny része a gyökereivel együttélést folytató gombák (mykorrhyza) segítségével a humusz szerves *N*-t tartalmazó vegyületeit is fel tudja venni, mégis a nitrát *N*-mennyisége, minthogy a nitrátok könnyű oldhatóságuk folytán könnyen felvehető és szállítható tápanyagok, a fák *N*-anyagcseréje szempontjából kiváló fontossággal bír. Különösen a feketefenyőerdők szempontjából, mert hiszen, amint az újabb kutatások mutatják, nemcsak a fák, de a gyökereikkel symbiózisban élő mykorrhiza-gombák is képesek a talaj szervetlen nitrátvegyületeit felvenni és a velük symbiózisban élő fáknak átadni. Az erdő életének egyik nagyon fontos mozzanatát képezi tehát a humuszban foglalt *N*-tartalmú nyersanyagok nitrátokká való mikrobiológiai feldolgozása, az úgynevezett nitrifikációs folyamat.

A mi vizsgálatainkat ezen a téren szintén hosszabb időn keresztül folytattuk és több mint egy éven keresztül vizsgáltuk ezen folyamatot, a már felsorolt négy alföldi kísérleti területen. (2) Az eredmények már gyakorlati szempontból is rendkívül érdekesek. Kiderült ugyanis, hogy az a nézet, mintha az ákác az erdő talaját nitrátokban gazdagítaná, nem állhat fenn. A 2. sz. táblázat adatai meggyőznek bennünket arról, hogy az ákácerdők talajának nitrátokban való gazdagsága csak átmeneti jelenség. Az ákác ugyanis a gyökerein élő *Bacillus radicicola* segítségével a levegő szabad *N*-jét veszi fel és ebből képezi a *N*-vegyületeit. Kétségkívül a gyökerein keresztül is vesz fel nitrátokat, azonban ezeknek a mennyisége kisebb, mint más fafajoknál. Miután azonban a homokos erdőtalajok rendkívül élénk nitrifikációval bírnak, úgy az ákácerdők talajában átmenetileg nitrátfelesleg fog kialakulni. Ez azonban a nitrátok rendkívül nagy állhatatlansága és könnyű oldhatósága következtében részben a denitrifikációnak esik áldozatul, részben pedig az őszi és a tavaszi esőzések alkalmával a mélyebb rétegekbe mosódik, ahol azután a denitrifikáló baktériumok bontják el. Ezért tehát az ákácerdők talajának évi nitrátmennyiségének az átlaga mindig a feketefenyőerdők talajának évi nitrátmennyiségének az átlaga alatt marad. Azonfelül a feketefenyő (vagy erdei fenyő) bő tűhullása humuszban is jelentékenyen job-

ban gazdagítja a talajt és ezért az erdő talajának ez az értékes tápanyagtartaléka és vele együtt a talaj összes N-tartalma egyes esetekben jelentékenyen, 100 %-kal is több lesz, mint az ákácerdőkben. Az ákácerdők talajának a nitrátjai tehát túlnyomórészt a denitrifikációnak esnek áldozatul, és minthogy ennek a folyamatnak a végső terméke gázalakú N alakjában a levegőbe távozik, úgy az ákáctalaj minden valószínűség szerint a N-anyagcsere szempontjából bizonyos veszteséggel dolgozik. Igaz ugyan, hogy az ákác a *Bacillus radicicola* segítségével a levegőbe távozott N egy részét vissza tudja szerezni, azonban minthogy gyökerei útján a nitrátok egy részét is felveszi a talajból, úgy kétségkívül N-tartalom szempontjából fokozatosan szegényíti a talajt, mert hiszen a talajba mosott többi nitrát denitrifikációját megakadályozni már nem tudja.

Ebből a szempontból a feketefenyőerdő talajának viselkedése sokkal kielégítőbb képet ad. A feketefenyőerdők talajának nagyobb összes N-tartalma a talaj szempontjából jelentékeny mennyiségű táplálóanyagot jelent.

Ez a fejtegetés azonban már szoros kapcsolatban van az alföldi erdőgazdálkodás többi fontos problémájával, amelyet a következőkben tárgyalok.

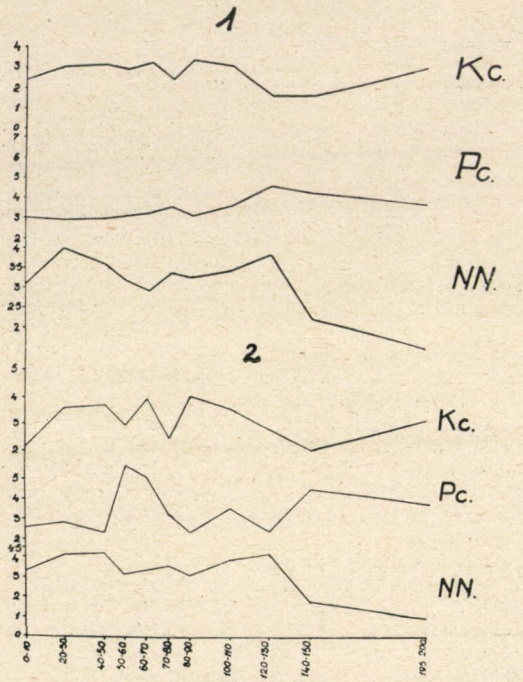
IV. Az alföldi homokos erdőtalajok phosphor és káli anyagcseréje.

Az idevonatkozó kísérleti eredményeket a 3. számú táblázat, a szóbanforgó két biofaktornak a mélységi elosztását viszont az 1. számú ábra mutatja. Ezek az eredmények általában azt mutatják, hogy a megvizsgált erdőtalajok P- és K-tartalma többékevésbbé mindig alatta marad a kötött erdőtalajok P- és K-tartalmának. A mélységi eloszlásnál viszont azt látjuk, hogy a P és K bizonyos mértékig antagonisztikusan viselkednek. Természetesen itt mindenütt az 1 %-os citromsavban oldható P és K mennyiségeket kell érteni, miután ezek a mennyiségek azok, amelyek legalább nagyjában megközelítik ennek a két biofaktornak azon quantitativ mértékét, amelyeket a fák, illetőleg a növények gyökerei az általuk kiválasztott gyenge savak útján oldható állapotba

3. Táblázat. — Tabelle 3.

A kísérl. terület száma Nr. der Versuchsfläche	Fafaj Baumart — Bodenvegetation	Talajmélység Bodentiefe	K_2O	P_2O_5	Nitrat N	Összes N Gesamt N	Humusz	$Ca\ CO_3$	pH
			mg/100 q				%	%	
1.	Robinia	0—50	2·10	7·53	2·19	21·9	0·36	2·4	7·58
2.	«	0—50	1·85	3·60	2·44	30·4	0·37	5·—	7·82
3.	«	0—50	1·63	3·22	3·65	34·98	0·29	1·1	7·88
4.	«	0—50	2·15	3·03	2·70	13·49	0·63	5·2	7·85
5.	Quercus	0—50	1·61	3·12	2·97	36·22	0·40	2·7	7·77
6.	Populus	0—50	3·14	1·82	2·22	35·83	0·94	3·2	7·93
7.	Alnus	0—50	2·28	2·38	2·96	30·98	0·51	2·7	7·90
8.	Betula	0—50	4·96	2·29	2·19	33·59	0·23	3·9	7·80
9.	Pinus nigra	0—50	4·16	3·12	2·00	21·69	0·38	4·4	7·82
10.	Cynodon dactylon assz.	0—50	1·17	4·45	4·12	40·06	0·57	3·—	8·05
11.	Festuca vaginata assz.	0—50	4·86	1·27	3·65	23·64	0·66	4·—	8·06
12.	« « «	0—50	4·18	2·85	3·01	27·25	0·30	3·2	8·16
13.	Calamagrostis epigeios assz.	0—50	4·69	3·11	4·21	30·04	1·06	2·7	8·2
14.	Festuca vaginata — Fumana vulgaris	0—30	2·22	1·68	4·25	53·12	0·46	6·8	8·05
15.	Salix rosmarinifolia — Calamagrostis assz.	0—50	2·84	2·51	4·16	51·91	0·83	4·8	8·17
16.	Salix rosmarinfolia assz.	0—50	2·07	2·55	5·15	45·56	0·95	4·1	8·18
17.	Cynodon dactylon assz.	0—30	1·52	2·84	4·93	37·60	0·46	3·4	8·23
18.	Festuca sulcata assz.	0—50	3·86	2·56	2·79	39·48	0·38	9·6	8·18
19.	« vaginata — F. sulcata	0—50	2·22	1·92	3·97	30·39	0·49	5·3	8·14
20.	Cynodon dactylon assz.	0—10	1·16	2·76	2·14	59·05	0·40	2·8	8·15
21.	Salix rosmarinifolia — Calamagrostis assz.	0—50	1·61	2·58	2·53	36·81	0·70	5·6	8·02
22.	Festuca vaginata assz.	0—10	4·14	2·87	2·54	26·01	0·35	3·2	8·15
23.	Molinia coerulea assz.	0—10	2·35	3·90	2·75	46·20	0·51	3·2	8·11
24.	Robinia — Festuca vaginata — Fumana vulgaris assz.	0—10	3·20	2·23	1·91	29·80	0·58	3·2	7·95
25.	Salix rosmarinifolia assz.	0—10	1·47	3·00	3·36	64·40	0·44	3·2	7·39
26.	Robinia	0—50	3·96	2·48	2·70	24·60	0·41	4·8	6·94
27.	« Anthriscus trichospermus	0—30	2·51	2·28	6·51	44·80	0·36	2·—	7·24
28.	Populus — Cynodon dactylon, Agrostis alba	0—50	3·41	4·54	4·41	53·20	0·47	4·6	7·68
29.	Fraxinus — Poa angustifolia. Agrostis alba	0—30	2·01	2·20	6·93	33·6	0·34	13·6	7·66
30.	Robinia — Bromus sterilis Euphorbia	0—30	3·50	2·28	6·09	22·4	0·33	3·6	7·66
31.	Pinus silv. — Dactylis glomerata Euphorbia cyparissias	0—50	2·41	2·48	4·40	31·30	0·42	16·8	7·60
32.	Robinia — Sambucus, Poa ang.	0—30	5·05	2·61	4·31	40·10	0·33	2·2	7·70
33.	« « «	0—30	4·08	4·18	5·36	38·80	1·30	16·8	7·60
34.	Fraxinus am. — Sambucus, Rubus	0—10	2·20	3·67	5·88	78·40	0·63	8·4	7·47
36.	Robinia — Anthriscus trichospermus	0—10	1·85	4·94	4·06	43·96	0·65	—	6·96
37.	Pinus nigra	0—10	1·85	2·30	3·93	38·08	0·83	—	6·02
38.	Robinia — Gramineák, Euphorbia	0—10	1·72	2·35	3·94	51·92	0·65	—	6.76
39.	« « «	0—10	2·01	2·41	2·63	39·20	0·64	—	7·11

tudnak hozni. Az oldhatatlan összes *P*- és összes *K*-mennyiségnek csak annyiban van jelentősége, miután kétségkívül ezen kevésbbé savanyú és élénk mikrobiológiai tevékenységgel rendelkező talajok valószínűleg ezeknek egy bizonyos részét az idők folyamán szintén oldható állapotba fogják tudni hozni.



1. ábra.
1 erdei talajok, Waldböden. — 2 szabadföldi talajok, Freilandböden.

Természetesen ezek a kísérleti adatok így ebben a formájukban a gyakorlati erdőgazdaság szempontjából keveset jelentenek. Jelentőségüket csak akkor fogjuk tudni megérteni, ha ezekkel más fák igényeit összhangzásba fogjuk tudni hozni. Elsősorban tudnunk kell azt, hogy milyen mértékben kell az oldható *P*-nak és *K*-nak a talajban képviselve lennie akkor, ha azt akarjuk, hogy ezek a fák tenyészete szempontjából elegendő mennyiségben legyenek jelen. Miután az erdők állományát alkotó fákra vonatkozólag

még ilyen természetű vizsgálatok rendelkezésünkre nem állnak, bizonyos kerülő utat kellett választanom, hogy ezeket a határértékeket legalább megközelítőleg az erdei fáinkra is ki tudjuk mutatni. KÖNIG, HASENBÄUMER és LEMMERMANN (4) vizsgálatai szerint a mezőgazdasági növények számára már megállapítást nyert a citromsavban oldható *P*-nak és *K*-nak az az alsó határa, amelyen alul ezek a faktorok minimumba kerülnek és mint minimumtényezők a növények életfolyamatát károsan befolyásolják, sőt ezeknek a rendes kifejlődésére gátlólag hatnak. Ezek a határértékek a következők:

K_2O 160 mg/100 g
P_2O_5 250 mg/100 g

Ezzel szemben már EBERMAYER (5), továbbá HENRY és WEBER vizsgálatai óta ismeretesek azok az ásványi anyagmennyiségek, amelyeket az egyes fontosabb fafajaink igényelnek. (Lásd 4. sz. táblázatot.) Az ákácra vonatkozólag BERTHELOT (6) analyzisei alapján FEKETE (7) legújabb felvételei szerint az 5. sz. táblázatban állítottam össze azokat a *P*- és *K*-mennyiségeket, amelyeket ez a fafaj különböző vágásforduló és különböző termőhelyi osztályok mellett a talajból igényel.

4. Táblázat. — Tabelle 4.

Fafaj — Baumart	Vágásforduló Umtriebszeit	K_2O	P_2O_5
	év — Jahr	kh/ha	kg/ha
Bükk — Buche	120	5·90	2·59
Tölgy — Eiche	50	3·05	1·08
Jegenyefenyő — Tanne	120	7·45	1·85
Lúcfenyő — Fichte	120	4·07	1·54
Erdeifenyő — Weisskiefer	100	2·35	1·09
Nyír — Birke	50	2·46	1·39

5. Táblázat. —

Termőhelyi osztály Standortsklasse	I.					II.					III.				
Vágásforduló Umtriebszeit	Fatömeg — Holzertrag	Faválasztékok Holzsortiment: 7 cm-nél nagyobb Ø über 7 cm	Faválasztékok Holzsortiment: 7 cm-nél kisebb Ø unter 7 cm	Szükséglet Bedarf P_2O_5	Szükséglet Bedarf K_2O	Fatömeg — Holzertrag	Faválasztékok Holzsortiment: 7 cm-nél nagyobb Ø über 7 cm	Faválasztékok Holzsortiment: 7 cm-nél kisebb Ø unter 7 cm	Szükséglet Bedarf P_2O_5	Szükséglet Bedarf K_2O	Fatömeg — Holzertrag	Faválasztékok Holzsortiment: 7 cm-nél nagyobb Ø über 7 cm	Faválasztékok Holzsortiment: 7 cm-nél kisebb Ø unter 7 cm	Szükséglet Bedarf P_2O_5	Szükséglet Bedarf K_2O
Év Jahr	m³/ha	%	%	kg/ha		m³/ha	%	%	kg/ha		m³/ha	%	%	kg/ha	
20	322	73·9	26·1	10·6	29·5	282	67·4	32·6	10·0	26·6	242	57·7	42·3	9·8	23·9
30	414	80·2	19·8	8·5	24·6	364	79·4	20·6	7·4	21·2	309	76·2	23·8	6·5	18·7
40	474	81·9	18·8	7·5	21·0	412	80·5	19·5	6·2	18·3	351	79·8	20·2	5·3	15·6

6. Táblázat. — Tabelle 6.

Növényfaj — Pflanzenart	K_2O kg/ha	P_2O_5 kg/ha
Gabonaneműek — Getreidearten	32	24
Hüvelyesek — Leguminosen	50	30
Repce — Raps	58	48
Burgonya — Kartoffeln	120	36
Cukorrépa — Zuckerrüben	184	32
Széna — Heu	80	30

Tabelle 5.

IV.					V.					VI.				
Fatömeg — Holzertrag	Faválaszték Holzsortiment: 7 cm-nél nagyobb Ø über 7 cm	Faválaszték Holzsortiment: 7 cm-nél kisebb Ø unter 7 cm	Szükséglet Bedarf: P_2O_5	Szükséglet Bedarf: K_2O	Fatömeg — Holzertrag	Faválaszték Holzsortiment: 7 cm-nél nagyobb Ø über 7 cm	Faválaszték Holzsortiment: 7 cm-nél kisebb Ø unter 7 cm	Szükséglet Bedarf: P_2O_5	Szükséglet Bedarf: K_2O	Fatömeg — Holzertrag	Faválaszték Holzsortiment: 7 cm-nél nagyobb Ø über 7 cm	Faválaszték Holzsortiment: 7 cm-nél kisebb Ø unter 7 cm	Szükséglet Bedarf: P_2O_5	Szükséglet Bedarf: K_2O
m^3/ha	%	%	kg/ha		m^3/ha	%	%	kg/ha		m^3/ha	%	%	kg/ha	
196	44·9	55·1	8·9	20·2	144	30·4	69·6	7·4	15·8	82	12·7	87·3	6·9	9·7
254	69·7	30·3	5·9	15·8	195	57·8	42·2	5·1	12·9	125	39·7	60·3	3·9	8·8
280	77·0	23·0	4·4	12·7	210	72·9	27·1	3·5	9·7	141	55·0	45·0	2·9	7·1

Ha most EBERMAYER adataival, továbbá az ákácra vonatkozólag az általam kiszámított adatokkal a mezőgazdasági növények tápanyagszükségletét, amelyet a 7. sz. táblázatban közlünk, elosztjuk, egy viszonyszámot nyerünk, amellyel azután elosztva HASENBAUMER, KÖNIG és LEMMERMANN adatait, megkapjuk úgy az ákácra, mint a szóbanforgó fafajok mindegyikére vonatkozólag azokat az alsó határértékeket, amelyek a *P* és *K* minimum határait jelzik. Erre vonatkozólag a 7. számú táblázat ad most már felvilágosítást. Ha most már az általam megvizsgált kísérleti területeket az ákác és az erdősítésnél számbajövő többi fontosabb fafaj szempontjából a 7. sz. táblázatban közölt határértékek és a 3. sz. táblázatban közölt vizsgálati adatok alapján összehasonlítjuk, akkor azt látjuk, hogy a megvizsgált, a Nagy Magyar-Alföld több helyéről vett talajtípusok túlnyomó része teljesen alkalmatlan az ákáctenyésztés szempontjából. Ahol pedig még az ákác tenyésztése lehető lenne, ott a tápanyagmennyiség annyira az alsó határ közelében mozog, hogy 1—2 vágásforduló után itt is kétségkívül

7. Táblázat. — Tabelle 7.

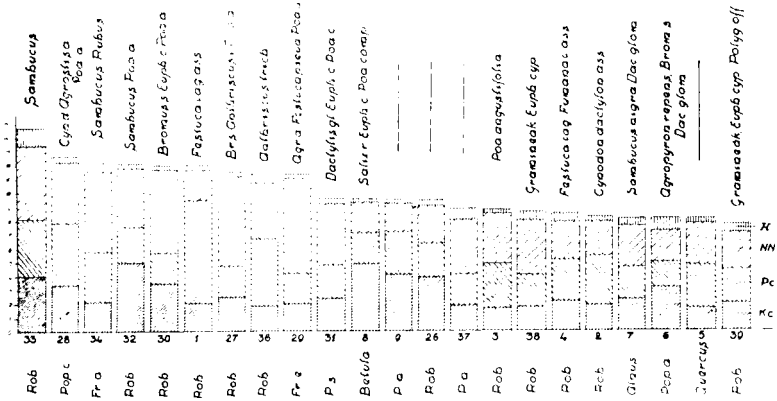
Szám — Nr.	Fafaj — Baumart			K_2O_5-szükséglet K_2O-Bedarf kg/ha y	$\frac{32}{y'} = q$	$\frac{16}{q} = x$	P_2O_5-szükséglet P_2O_5-Bedarf kg/ha y'	$\frac{24}{y'} = q'$	$\frac{25}{q'} = x'$
1.	Robinia								
	I. Termőhelyi osztály, Vágásforduló 20 év								
	Standortsklasse,	Umtri- beszeit	20 Jahre	29·5	1·08	13·88	10·6	2·26	11·06
	«	«	30 «	24·6	1·26	12·70	8·5	2·80	8·93
	«	«	40 «	21·00	1·52	10·59	7·5	3·20	7·81
	II. «	«	20 «	26·6	1·20	13·33	10·00	2·40	10·42
	«	«	30 «	21·2	1·51	10·60	7·4	4·24	7·72
	«	«	40 «	18·3	1·75	9·14	6·2	3·87	5·46
	III. «	«	20 «	23·9	1·34	11·94	9·8	2·45	10·02
	«	«	30 «	18·7	1·71	9·36	6·5	3·69	6·77
	«	«	40 «	15·6	2·05	7·80	5·3	4·52	5·54
	IV. «	«	20 «	20·2	1·58	10·13	8·9	2·70	9·26
	«	«	30 «	15·8	2·03	7·88	5·9	4·07	6·14
	«	«	40 «	12·7	2·52	6·35	4·4	5·45	4·59
	V. «	«	20 «	15·8	2·03	7·88	7·4	3·24	7·41
	«	«	30 «	12·9	2·48	6·42	5·1	4·70	5·32
	«	«	40 «	9·7	3·30	4·85	3·5	6·87	3·64
	VI. «	«	20 «	9·7	3·30	4·85	6·9	3·48	7·18
	«	«	30 «	8·8	3·64	4·34	3·9	6·15	4·07
	«	«	40 «	7·1	4·51	3·55	2·9	8·27	3·02
2.	Pinus — — — — — —	«	100 «	2·35	17·87	0·84	1·09	22·02	1·14
3.	Quercus — — — — —	«	50 «	3·05	10·49	1·53	1·08	22·22	1·13
4.	Populus — — — — —	«	120 «	5·90	5·42	2·77	2·59	9·27	2·70
5.	Betula — — — — — —	«	50 «	2·46	13·01	1·23	1·39	17·27	1·45
6.	Alnus — — — — — —	«	50 «	2·46	13·01	1·23	1·39	17·27	1·45
7.	Fraxinus — — — — —	«	100 «	5·90	5·42	2·77	2·59	9·27	2·70

y = A fák K_2O-szükséglete kg/ha. — Verbrauch der Waldbäume an K_2O kg/ha.
32 = A gabonaneműek K_2O-szükséglete kg/ha. — Verbrauch der Getreidepflanzen an K_2O kg/ha.
16 = A mezőgazdasági talajok K_2O-határértéke mg/100 g. — K_2O-Grenze der landw. Böden in mg/100 g.
x = A fák K_2O-határértéke mg/100 g. — K_2O-Grenze für die Waldbäume mg/100 g.
y' = A fák P_2O_5-szükséglete kg/ha. — Verbrauch der Waldbäume an P_2O_5 kg/ha.
24 = A gabonaneműek P_2O_5-szükséglete kg/ha. — Verbr. der Getreidepflanzen an P_2O_5 kg/ha.
25 = A mezőgazdasági talajok P_2P_5-határértéke mg/100 g. — P_2O_5-Grenze der landw. Böden mg/100 g.
x' A fák P_2O_5-határértéke mg/100 g. — P_2O_5-Grenze für die Waldbäume mg/100 g.

a már a bevezetésben közölt táplálkozási zavarok fognak jelentkezni. Ugyanekkor azonban láthatjuk azt, hogy azok a terephelyek, amelyek az ákác szempontjából alig vagy egyáltalában nem lennének használhatók, a többi fafajnak kitűnő tenyészeti feltételeket nyujtanak.

V. A növényszövetkezetek jelentősége a homokos talajok tápanyagtartalmának meghatározására.

Kis Ferenc volt az első (8), aki felismerte, hogy egyrészt a talaj tápanyagtartalma és biológiai állapota, másrészt az oda telepítendő fafajok ökológiai viszonyai között olyan összefüggések vannak, amelyekre nézve a különböző talajokon található töme-

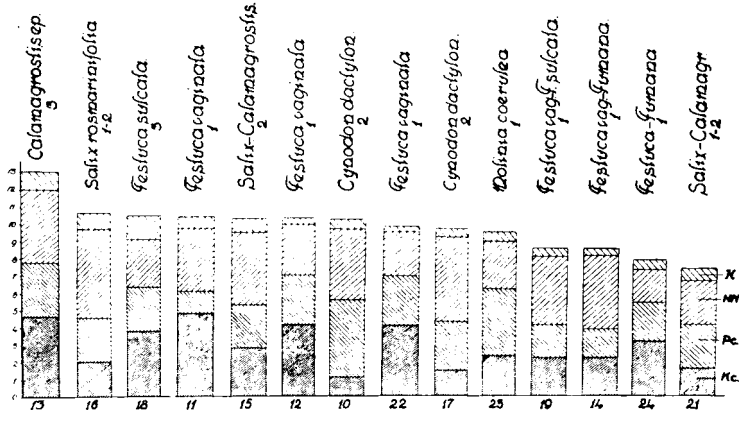


2. ábra.

gesen előforduló és jellemző vezérnövények értékesebb útmutatást nyujthatnak. Kis nyomdokain haladva, Magyar Pál (9) azután részletesen foglalkozott a homokos erdőtalajnak az újabb szociológiai tudományos kutatásoknak megfelelő jellemzésével. Természetesen ezeknek a vizsgálatoknak a során mi is szükségesnek tartottuk ezzel a kérdéssel behatóbban foglalkozni és ennek eredményeképpen azokat a fontosabb biotényezőket, amelyek a talaj termőerejének megítélése szempontjából tekintetbe jöhetnek, így a nitrátnitrogén tartalmat, a citromsavban oldható káli- és foszfor-

tartalmat és a humusztartalmat az egyes talajtípusoknál és asszociációknál összegeztük és ezen összegezés alapján kapott eredményeket rajzban ábrázoltuk. Idevonatkozólag utalok a 2. és a 3. sz ábrákra.

Természetesen hangsúlyoznom kell, hogy a növényszövetkezetek a talaj termőerejétől elvonatkoztatva, még az illető termőhely általános ökológiai megítélése szempontjából is fontos jelentőséggel bírnak. Rá kell azonban mutatnom arra a tényre is, hogy amint az előző fejezetekben bővebben kifejtettem, különösen az ákácgazdálkodásunk olyan szoros függvénye a talaj ásványi anyag-



3. ábra.

tartalmának, hogy ezen fafaj telepítésénél az ökológiai vonatkozásokkal szemben a talajtápanyag, főleg ásványi tápanyag tartalma döntő szerepet játszik.

A 2. sz. rajzban a megvizsgált erdőtalajokat ábrázoltuk, a 3. sz. rajzban pedig a még nem erdősült homokos erdőtalajokat, illetőleg azok vizsgálatainak eredményét állítottuk össze. Ezenfelül a 3. sz. rajzhoz még egy táblázatot is készítettünk (lásd 8. sz. táblázat), amelyekben az illető talajtípusokon képviselt fontosabb növényszövetkezeteknek vagy vezérnövényeknek nitrátnitrogén-, citromsavban oldható káli- és foszfor-, humusz-, mésztartalma és *ph*-határértékeit tüntettük fel.

Már ezeknek az adatoknak a vizsgálataiból kitűnik, hogy bár

8. Táblázat. — Tabelle 8.

A kisérleti terület száma Nr. der Versuchsfläche	Növényszövetkezetek Pflanzenassoziationen	K_2O	P_2O_5	Nitrát N Nitrat-N	Összes Nitrogén Gesamt Nitrogen	$CaCO_3$	H	pH
		mg/100 g				%	%	
13.	Calamagrostis epigeios assz.	4·69	3·11	4·21	30·40	2·7	1·06	8·20
16.	Salix rosmarinifolia assz.	1·47—2·07	2·55—3·00	3·36—5·15	45·56—64·40	3·2—4·1	0·43—0·95	7·39—8·18
15, 21.	Salix rosmarinifolia—Calamagrostis epigeios assz.	1·61—2·84	2·51—2·58	2·53—4·16	36·81—51·91	4·8—5·6	0·70—0·83	8·02—8·17
18.	Festuca sulcata assz.	3·86	2·56	2·79	39·48	9·6	1·38	8·18
11, 12, 22.	Festuca vaginata assz.	4·14—4·86	1·27—2·87	2·54—3·65	23·64—27·25	3·2—4·0	0·30—0·66	8·06—8·16
10, 17, 20.	Cynodon dactylon assz.	1·16—1·52	2·76—4·45	2·14—4·93	37·60—40·06	2·8—3·4	0·40—0·57	8·05—8·23
23.	Molinia coerulea assz.	2·35	3·90	2·75	46·20	3·2	0·51	8·11
19.	Festuca vaginata—Festuca sulcata—Andropogon ischaemum assz.	2·22	1·92	3·97	30·39	5·3	0·49	8·14
14, 24.	Festuca vaginata—Fumaria vulgaris assz.	2·22—3·20	1·68—2·23	1·91—4·25	29·80—53·12	3·2—6·8	0·46—0·58	7·95—8·05

a különböző vezérnövények vagy asszociációk az erdő talajára vonatkozólag nagy vonásokban bizonyos útmutatásokkal szolgálnak, mégis helyenként feltűnő eltérések és szabálytalanságok mutatkoznak, amelyek arra vezethetők vissza, hogy a talajjellemző növényeket a maguk kifejlődésében nem mindig ugyanazok a bioténye zők befolyásolják, amelyek a fák növekedésére mérvadók.

Így például a 30. sz. kísérleti terület talajának rendkívül nagy nitrátnitrogén tartalma okozta, hogy ez a magasabb fokozatba került, viszont a talajon található *Bromus sterilis*, *Euphorbia cyparissias* már világosan mutatják, hogy foszfor- és a kálitartalma minimumban van. A *Bromus sterilis* úgy látszik általában az ásványi anyagtartalom szempontjából nem a legkedvezőbb állapotot mutatja.

Éppen ezért a szabadföldi talajokon található növények, illetőleg növényasszociációk megítélése szempontjából sokkal fontosabb a határokat megállapító táblázatnak a szemlélete, amely azután már hasznos útmutatással szolgál. Ebből a táblázatból úgy a káli-, mint a foszfortartalom szempontjából kivehetők azok a növények vagy asszociációk, amelyek ezen két fontos tényező elbírálása szempontjából döntő jelentőséggel bírnak. Egyébként az ákáccal való erdősítés megítélésénél természetesen a nitrátnitrogén tartalom kevésbbé jön tekintetbe. Ez utóbbit csak azért kellett felvennünk, mert hiszen ebből azután a talaj biológiai aktivitására vonhatunk következtetéseket és másrészt a többi fafaj telepítésénél már tekintetbe is kell vennünk. Meg kell még jegyeznem, hogy az alföldi erdőtípusok változó és felette eltérő zárlati viszonya következtében nagyon sok olyan erdőtípust vizsgáltunk, amelyeknek a talaján jellemző vezérnövényeket kimutatni nem lehetett. Egyébként is a zárt erdők vizsgálatánál egészen más elveket kell alkalmaznunk, mint a még be nem erdősült talajok megítélésénél, mert hiszen ez előbbieknél a zárlat változásával együttjáró és felette változó ökológiai viszonyok a talajjellemző növényzet előfordulását és kifejlődését úgy befolyásolhatják, hogy ennek az ásványi anyagtartalom szempontjából való indikációs jelentősége háttérbe szorul.

A szabadföldi talajoknál a rajzban szintén összértékeik szerint soroztuk be a szövetkezeteket, de a hozzátartozó táblázatban

azután a vizsgálati adatok alapján az egyes növényszövetkezetek határértékeit tüntettük fel. Itt már természetesen, amint ezt a 8. sz. táblázat is mutatja, az egyes növényasszociációknak a talaj termőerejét jellemző voltára vonatkozólag jó útmutatásokat kaphatunk.

Egyébként MAGYAR legutolsó munkája alapján azokat a homokos talajokat, amelyekre az általa felállított asszociációk jellemzők, három osztályba sorozza. Az I. osztályba tartoznak a rossz, a II. osztályba a közepes és a III. osztályba a jobbminőségű homokos talajok.

Az ő eredeti osztályozásának megfelelően most már a 3. sz. képen a növényszövetkezeteknek a fokozatait is feltüntettük. Ez az összeállítás azt a rendkívül érdekes eredményt mutatja, hogy a növényszövetkezetek alapján való talajosztályozás kétségkívül igen értékes előzetes tájékoztató adatokat szolgáltat. Véleményem szerint azonban csak kifejezetten tájékoztató jelentősége lehet és erre a célra rendkívül értékes szolgálatot teljesít. Ahhoz azonban, hogy eldöntsük azt, hogy a talajok tápanyagtartalma a telepítendő fafajok tápanyagigényeivel miképpen lesz a jövőben összhangzásba hozható, és különösen ahhoz, hogy az annyira igényes ákác ásványi tápanyagszükségletei szempontjából megbízható felvilágosítást szerezzünk, véleményem szerint a talajok pontos kémiai és fizikai analyzise elkerülhetetlenné válik. A növényszövetkezetekkel való tájékozódás és az ezzel kapcsolatos pontos analyzisek, amelyeket szükség esetén a kétséges vagy nem tiszta esetekre lehet korlátozni, fogják majd megadni azokat az útmutatásokat, amelyeknek az alapján ezeknek a homokos erdőterületeknek a fásítása tápanyagenergetikai szempontból is a leghelyesebben lesz keresztülhajtva.

Végül még szükségesnek tartottam, hogy az egyes növényeknek, illetőleg növényszövetkezeteknek a talaj biológiai állapotát jellemző képességét legalább a szélsőséges esetekben bemutassam. A megvizsgált fontosabb erdőtípusokat ott, ahol mikrobiológiai vizsgálatot is végeztünk, a 9. sz. táblázatban állítottuk össze. E táblázat mindenekelőtt azt mutatja, hogy az erdősítés hatása a talaj biológiai állapotának előnyös megváltozásában minden egyes esetben kitűnően kimutatható. De másrészt azt is mutatja,

9. Táblázat. —

Szám — Nr.	A kísérleti terület leírása Bezeichnung der Versuchsfläche	Baktériumok — Bakterien			*N*-kötők *N*-Binden	Nitrifikáló Nitrifizierende
		Aerob	Anaerob	Összes Gesamt	Baktériumok Bakterien	
38.	Ákácerdő — Robinienwald	23.900,000	760,000	24.660,000	20,000 2,000	100,000
37.	Feketefenyőerdő Schwarzkiefernwald ...	22.900,000	1.500,000	24.050,000	20,000 1,000	100,000
39.	Akácerdő — Robinienwald	21.000,000	1.000,000	22.000,000	11,000 2,000	100,000
36.	« «	20.000,000	900,000	20.900,000	11,000 1,000	100,000
40.	« «	12.000,000	2.100,000	14.100,000	10,000	100,000
48.	« «	11.000,000	3.000,000	14.100,000	10,000	100,000
43.	« «	9.500,000	2.000,000	11.500,000	5,000	10,000
22.	Futóhomok — Flugsand ...	5.350,000	520,000	5.870,000	3,030 30	100,000
20.	« «	4.000,000	1.110,000	5.110,000	20,030 30	100,000
45.	Feketefenyőerdő Schwarzkiefernwald ...	2.600,000	2.400,000	5.000,000	20,000	100,000
23.	Futóhomok — Flugsand ...	4.350,000	630,000	4.980,000	11,000 100	100,000
24.	Akácerdő — Robinienwald	4.400,000	540,000	4.940,000	11,000 100	12,000
21.	Futóhomok — Flugsand ...	4.100,000	550,000	4.650,000	3,100 100	18,000
41.	Ákácerdő — Robinienwald	2.900,000	1.200,000	4.100,000	10,000	100,000
44.	Feketefenyőerdő Schwarzkiefernwald ...	1.800,000	1.200,000	3.000,000	5,000	100,000
42.	Ákácerdő — Robinienwald	2.480,000	500,000	2.980,000	5,000	100,000
47.	Kopárföld, Fumana vegetációval — Öde ...	2.500,000	100,000	2.600,000	50	100
46.	Kopár futóhomok Öde Flugsand ...	540,000	400,000	940,000	100	100

Tabelle 9.

pH	Humusztartalom Humusgehalt	Összes nitrogén Gesamt Nitrogen	Nitrát-nitrogén *N.-N.*	Asszociáció — Assoziationen
	%	mg/100 g		
6·76	0·65	51·92	3·486	Euphorbia cyparissias
6·02	0·83	38·08	3·927	Növényzet nélküli — Ohne Bodenvegetation
7·11	0·64	39·20	2·626	Euphorbia cyparissias
6·96	0·65	43·96	4·056	Anthriscus trychospermus, Urtica dioica
6·70	1·65	83·20	4·400	« «
6·70	—	92·00	5·100	Növényzet nélkül — Ohne Bodenvegetation
6·61	0·58	56·80	1·810	Anthriscus trichospermus
8·15	0·35	26·01	2·541	Festuca vaginata assz.
8·15	0·39	59·05	2·140	Cynodon dactylon assz.
6·63	1·87	96·00	1·980	Hieracium umbellatum
8·11	0·51	46·20	2·746	Molinia coerulea assz.
7·95	0·58	29·80	1·911	Festuca-Fumana assz.
8·01	0·70	36·81	2·529	Salix rosmarinifolia, Calamagrostis assz.
6·38	1·05	15·00	1·200	Poa angustifolia, Euphorbia cyparissias, Festuca pseudovina
6·43	1·40	64·00	1·050	Calamagrostis epigeios, Salix rosmarinifolia
6·39	0·33	33·40	—	Fumana vulgaris, Festuca vaginata
6·20	—	31·00	0·980	Fumana vulgaris
6·30	—	12·40	0·050	Talajnövényzet nélkül — Ohne Bodenvegetation

hogy az egyes asszociációk, legalább is szélsőséges esetekben, a talaj más és más biológiai állapotát jelzik. Így például különösen feltűnő, hogy a *Fumana vulgaris*, a *Festuca pseudovina*, az *Euphorbia cyparissias* általában rosszabb talajéletet jellemeznek, ezzel szemben a *Cynodon dactylon*, sőt helyenként úgy látszik, hogy a *Molinia coerulea*-asszociáció is már jobb talajéletet mutatnak. A *Salix rosmarinifolia*, *Calamagrostis epigeios*-asszociációk viszont, ha nem is a legrosszabb, de mindenesetre szintén elég gyenge talajbiológiai állapotnak a kifejezői. A *Gramineák* és az *Asparagus* előfordulása jó talajéletet jellemeznek, és ugyan ez áll az *Anthriscus trichospermus*ra is

VI. Az eredmények összehasonlító tárgyalása az alföldfásítás szempontjából.

Ha ezeket a most tárgyalt vizsgálati eredményeket egy egységes képbe foglaljuk össze, úgy az ákáckérdés szempontjából véleményem szerint már bizonyos fokig végleges és jól használható eredményeket kapunk. Mindenekelőtt látni fogjuk azt, hogy ott, ahol akár az ákáccal, akár a feketefenyővel sikerült a talajt megkötni és állományokat létrehozni, a talajállapot, a talajnak élő lényekben való gazdagsága, annak anyagcsere körfolyamatai megélénkülnek és az erdővel nem borított területekhez viszonyítva kedvező feltételek közé jutnak. Megnagyobbodik a humusztartalom, kedvezőbbé válik a nitrifikáló és denitrifikáló baktériumok abszolút száma és kölcsönös viszonya és megindul az ilyen talajok egészséges lélekzési folyamata és szénsavtermelése, amely különösen az Alföldön uralkodó nagyobb hőmérséklet és a homokos erdőtalajok kedvezőbb levegőkapacitása következtében a fák asszimilációs tevékenysége szempontjából is rendkívül kedvezővé válik. A nitrogéngazdálkodás és a humuszgazdálkodás menete tekintetében azonban a tartalék tápanyag felhalmozódása szempontjából az ákác a feketefenyővel szemben bizonyos fokig hátrányos helyzetbe kerül. De még hátrányosabbá válik ez a helyzet akkor, ha a P és K gazdálkodás szempontjából hasonlítjuk össze az ákác viselkedését a többi fafajjal. Az ákác gyors növekedési erejénél fogva és az ezzel kapcsolatos nagy anyagfelhasználása

következtében rendkívül nagy igényeket támaszt a talaj ásványi anyag tartalmával szemben és ha ehhez hozzávesszük még, hogy a gyérítések és a tisztítások alkalmával ásványi anyagban rendkívül gazdag és értékes anyagtömeget viszünk el az erdő talajából, úgy világossá kell hogy váljon az a tény, hogy az ákácgazdaság, különösen ezeknek a táptalajokban rendkívül szegény területeken már a rablógazdaság határain mozog és ennek a fenntartása akkor, ha a talaj erősen igénybevett ásványi anyagkészletének a pótlásáról nem gondoskodunk, előbb-utóbb lehetetlenné fog válni. Ez a megállapítás korántsem jelenti azt, mintha az ákácgazdálkodás most már felesleges vagy káros lenne. Ezeknek a tényeknek szabatos és tárgyilagos felismerése azonban ahhoz a belátáshoz kell, hogy vezessen bennünket, hogy az ákácerdők talajának termőerejét a mezőgazdasági eljárásokhoz hasonlóan megfelelő eljárások alkalmazásával kell majd fenntartanunk ott, ahol az erdő nagy jövedelmezősége pénzügyi szempontból vagy az általános fainség miatt és szociális szempontból a nagyobb vágásfordulóval bíró és kevesebb anyagfelhasználással járó más fafajra alapított gazdaság bevezetését lehetetlenné teszi. Az alföldfásítás szempontjából pedig ezek a vizsgálatok azzal az eredménnyel jártak, hogy sürgősen szükségessé vált az erdősítés alá kerülő területeknek szabatos kémiai-fizikai analyzisekkel való feltárása és a megfelelő talajtérképek elkészítése.

VII. Az eredmények összefoglalása.

A vizsgálatok eredményei röviden a következőkben foglalhatók össze:

1. A homokos talajok általános biológiai viszonyai ezen talajok kitűnő levegőgazdálkodása következtében minden tekintetben kielégítőnek mondhatók.

2. A fák asszimilációja szempontjából annyira fontos szénsavtermelés a baktériumélet nagy intenzitása következtében majdnem optimális fokon van.

3. Éppen ezért az ákácerdő lehulló gyér és könnyen bomló lombozatát a talajok mikroflórája olyan gyors mértékben dolgozza fel, hogy az erdőtalajok termőerejének fenntartásához szükséges természetes humusztartalék csak korlátolt mértékben alakulhat

ki. Ebből a szempontból tehát az erdei és feketefenyőerdők humuszgazdálkodását az ákácerdők hasonló tevékenységével szemben előnyösebbnek mondhatjuk.

4. Az ákácerdők talajának rendkívül élénk a nitrifikációja. Miután azonban az így keletkezett nitrátokat az ákác a fentemlített symbiotikus nitrogéngazdálkodása következtében felhasználni nem tudja, ezek túlnyomó része az altalajba mosódik, ahol a denitrifikáció következtében végeredményképpen a növénytenyészet számára veszendőbe megy. Igaz ugyan, hogy az ákác a gázalakban távozó nitrogént gyökreivel megint hasznosítani tudja, de kétségtelennek látszik, hogy ezen a téren az erdőtalaj tartaléktápanyagának a felhalmozása szempontjából viselkedése előnyösnek nem mondható. Ezzel szemben a feketefenyő és az erdeifenyőerdők kedvezőtlenebb nitrifikációja következtében ezeknek a talajában viszonylag nagyobb mennyiségű nitrogéntartalék halmozódik fel.

5. A foszfor- és káligazdálkodás szempontjából megállapították a vizsgálatok, hogy az ákác rövid vágásfordulója és az ezzel kapcsolatos nagy növekedési erélye következtében rendkívül nagy igényeket támaszt a talajjal szemben, amelyek majdnem háromnégyszeresét teszik a többi fafaj hasonló szükségletének. Minthogy pedig, mind a végső használatok fatömegével, mind pedig különösen az előhasználatokkal rendkívül sok és ásványi anyagokban felette gazdag anyagot távolítunk el az ákácerdőkből, másrészt pedig, ha még a homokos talajaink viszonylagos szegénységét is tekintetbe vesszük, meg kell állapítanunk, hogy az ákácgazdálkodás a nem jó minőségű homokos talajokon ezeknek a teljes kimerülésére fog vezetni és azokat teljesen ki fogja élni. Ugyanekkor azonban megállapították a vizsgálatok azt is, hogy azokon a talajokon, amelyek előreláthatólag az ákácnak még a legalacsonyabb termőhelyi osztályában megkívánt feltételeket sem fogják biztosítani, a más, kevésbbé igényes fafajok, közöttük elsősorban a fekete- és az erdeifenyő, kielégítő módon művelhető.

6. Megállapították a vizsgálatok, hogy az alföldi homokos erdőtalajaink túlnyomó része az ákác telepítésére alkalmatlan, mert ezen fentebbi két fontos ásványi anyagból olyan keveset tartalmaznak, hogy az ákác rendkívül nagy igényeit csak rövid

ideig fedezhetik és ezért e két fontos biotényező értéke csakhamar eléri a minimumhatárt, ami után természetesen növekedési zavarok és a már vázolt és észlelt káros jelenségek lépnek fel. *Éppen ezért a most folyó alföldfásításnál az eddigi erdősítési eljárásokat komoly revizió alá kell vonnunk és ez erdősítés megkezdése előtt, úgy amint a mezőgazdaság ezt már hosszú évtizedek óta teszi, pontos talajvizsgálatokkal kell felvilágosítást szereznünk a különböző erdősítendő talajok tápanyagkészleteiről és ennek megfelelően kell majd az odatelepítendő fafajokat kiválasztanunk.*

7. Miután pedig kétségkívül bizonyos, hogy az ákácgazdálkodásnak nagy előnyei vannak, mert hiszen fában szegény vidékeken rövid idő alatt viszonylag nagymennyiségű faanyagot szolgáltat, úgy megfontolás tárgyává kell tenni, hogy nem volna-e lehetséges az ákácerdők talajának mesterséges karbantartásával ezen üzemek tartamos fatermelésének a biztosítását elérni.

8. A vizsgálatok megállapították végül még azt is, hogy a növényasszociációk felhasználására alapított talajbecslés általában, mint első tájékozódás, különösen akkor, ha a szélsőséges esetek felismeréséről van szó, gyakorlatilag is jó eredménnyel felhasználható. Azonban a végleges döntésnél az exakt kémiai és fizikai talajvizsgálatokat mellőzni nem lehet és a legjobb eredményeket akkor fogjuk elérni, ha ezt a két eljárást a mindenkori adott viszonyokhoz mérten, megfelelően alkalmazni fogjuk.

Irodalom. — Literatur.

1. Fehér: Untersuchungen über die Mikrobiologie des Waldbodens. (Berlin, 1933.)

Fehér és Bokor: Vizsgálatok az alföldi homokos erdőtalajok biológiai tevékenységéről. — Biochemische Untersuchungen über die biologische Tätigkeit der sandigen Waldböden auf der ungarischen Tiefebene. (M. Tud. Akadémia Mat. és Természettud. Értesítője XLVI. kötet 127—170. oldal. 1929.)

Fehér: A tarvágásos üzemmód hatása az erdőtalaj biológiai jelenségeire. (Erdészeti Lapok, 1931. évi 2. füzet.)

2. Fehér: Mikrobiológiai vizsgálatok az alföldi homokos erdőtalajok *N*-gazdálkodásáról. — Mikrobiologische Untersuchungen über den Stickstoff-Kreislauf der sandigen Waldböden der ungarischen Tiefebene. (Erdészeti Kísérletek. 32. kötet, 1. füzet. 1930.)

3. FEHÉR: Untersuchungen über den P_2O_5-Gehalt einiger Sandböden der ungarischen Tiefebene. (Zeitschrift f. Phosphorsäure Bd. 3. p. 429—461. 1933.)

FEHÉR: Vergleichende Untersuchungen über den Kali- und Phosphorgehalt der Sandböden auf der ungarischen Tiefebene mit besonderer Berücksichtigung ihrer Fruchtbarmachung. (Zeitschrift f. Pflanzenernährung und Düngung, 1935.)

4. Verhandlungen der II. Kommission der Internationalen Bodenkundlichen Gesellschaft. Budapest, 1929.

5. EBERMAYER: Die gesamte Lehre der Waldstreu. 1876.

6. VADAS: Az ákácfa monografiája. 1911.

7. FEKETE: Az ákác sorfa fatömeg és növekvési táblái. Sopron, 1931.

8. KIS: Talajélet az Alföldön és a talaj javítása. (Erdészeti Kísérletek, 28, 6—12 p. 1926.)

9. MAGYAR: A homokfásítás és növényszociológiai alapjai. — Die pflanzensoziologischen Grundlagen der Sandaufforstung. (Erdészeti Kísérletek 35, 1933.)

10. FEHÉR: Untersuchungen über den periodischen Kreislauf des Phosphors in den Waldböden. (Phosphorsäure, Bd. 4., S. 508—529, 1934.)

(A M. T. Akadémia III. osztályának 1935. jan. 14-én tartott üléséből.)

BIOCHEMISCHE UNTERSUCHUNGEN DER SANDBÖDEN DER UNGARISCHEN TIEFEBENE MIT BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG IHRER AUFFORSTUNG.

Von D. FEHÉR.

Aus dem Botanischen Institut der Forstingenieur-Abteilung der k. ung. Universität für Technik und Wirtschaft.

Die Nutzbarmachung, bezw. die Aufforstung der mehr oder weniger unfruchtbaren Sandböden der ungarischen Tiefebene ist eine der wichtigsten Probleme der ungarischen Fortstwirtschaft. Da in der letzten Zeit infolge der durch den Friedensvertrag hervorgerufene Holznot die Bedeutung der Aufforstung wesentlich zugenommen hat, so ist es leicht zu verstehen, dass alle Probleme, welche mit der Frage der Aufforstung zusammenhängen, immer mehr wachsenden Interesse begegnen.

Im Vordergrunde der Erörterungen steht seit einigen Jahrzehnten die Möglichkeit der Robinienaufforstung. Man hat diese Holzart schon seit dem Ende des vorigen Jahrhunderts für die Aufforstung der sandigen Waldböden immer mehr und mehr herangezogen und da sie durch ihre xerophytische Natur sich dem trockenen Steppenklima sehr gut anpassen und durch ihre Symbiose mit dem Bacillus radicicola ihren Stickstoffbedarf aus dem atmosphärischen Luftreservoir decken kann, so hat man mit ihr grosse Fläche einheitlich aufgeforstet und im ganzen auch gute Resultate erreicht. Es hatten sich aber nach der zweiten und dritten Umtriebszeit sehr auffallende und schädliche Wuchsstockungen gezeigt, so dass gerade in diesen holzarmen Gegenden Ungarns, dieses Verhalten der Robinie die grösste Sorge hervorgerufen hat. Man hat seiner Zeit leider versäumt, diesem Problem auch bodenkundlich erschöpfend nahe zu treten. An diesen Stellen aber, wo die

Aufforstung mit der Robinie, bzw. die Weiterführung der Robinienwirtschaft nicht gut möglich war, wurde die Schwarzkiefer immer mehr und mehr herangezogen. Dadurch wurde natürlich die Frage in gar keiner Weise gelöst. Die Robinie ist nämlich durch ihr rasches Wachstum für die Herstellung halbwegs normaler forstlicher Verhältnisse in waldarmen Gebieten hervorragend geeignet. Da ihre Umtriebszeiten gewöhnlich nie mehr als 20—25 Jahre betragen, bringt sie in dem Zeitraum, in welchem die übrigen Waldbäume ihre vollständige Entwicklung erreichen, 4—5-mal mehr Einträge als diese. Da die Vorteile des Aufforstens auch der Kleingrundbesitzer gewöhnlich noch in der Spanne seines Menschenalters erleben und geniessen kann, und weil durch die recht häufig geführten Zwischennutzungen der gut gepflegte Robinienwald schon nach 7—8 Jahren für Holzgewinnung benützt werden kann, so ist es klar, dass durch den einfachen Ersatz mit Schwarzkiefer das ganze Problem in gar keiner Hinsicht befriedigend gelöst werden konnte.

Bezüglich der kurzen Beschreibung der einzelnen Versuchsflächen siehe Seiten 135—139.

Bei diesen Untersuchungen haben wir die folgenden biogenen Elemente des Bodens untersucht:

1. Der Kaliumgehalt wurde nach den Vorschriften der II. Kommission der Internationalen Bodenkundlichen Gesellschaft bestimmt, wobei das Kalium als perchlorsaures Kalium gewichtsanalytisch bestimmt wurde.

2. Der Phosphorsäuregehalt wurde mit dem kolorimetrischen Verfahren von Zinzadze bestimmt.

Bei diesen beiden Faktoren wurde der in 1%iger Zitronensäure lösliche Anteil bestimmt.

3. Den Gesamt-Stickstoffgehalt haben wir nach der Methode von GUNNING—ATTERBERG.

4. den Nitrat-Stickstoffgehalt nach der Methode von WHITING—RICHMOD und SCHOONOVER bestimmt.

5. Der Kalkgehalt wurde mit dem Kalizemeter von PASON ermittelt.

6. Den Humusgehalt haben wir mit dem Kaliumbichromatverfahren,

7. die *ph*-Werte elektrometrisch mit der Chinhydron-Methode und mit der Apparatur von FEHÉR bestimmt.

8. Der Wassergehalt wurde durch Trocknen auf 105° C ermittelt.

9. Der Gesamt-Bakteriengehalt, getrennt nach aeroben und anaeroben Bakterien, wurde mit der bekannten Plattenmethode.

10. und die physiologischen Bakteriengruppen, und zwar die nitrifizierenden, denitrifizierenden und stickstoffbindenden Bakterien, wurden mit der kombinierten Verdünnungs- und elektiven Methode bestimmt.

11. Die Bodenatmung wurde mit der Lundegardschen Glocke und

12. der CO_2-Gehalt der Waldluft in drei verschiedener Höhen gemessen.

Bezüglich der Einzelheiten der Untersuchungsmethode verweise ich auf die Literatur. (1)

Um diese Frage erfolgreich bearbeiten zu können, haben wir schon vor Jahren das physiologische Verhalten der Robinienwälder und den Nährstoffkreislauf der Robinienwaldböden systematisch durchzuarbeiten begonnen. In dem ersten Teil dieser Untersuchungen haben wir zunächst die mikrobiologische Tätigkeit und die Bodenatmung untersucht. (1) Ich habe die Resultate dieser Forschungen nur kurz folgenderweise zusammengefasst:

Der Bakteriengehalt dieser sonst gut durchlüfteten und gute physikalische Eigenschaften aufweisenden Sandböden bleibt rein zahlenmässig hinter der gleichen Eigenschaft der schweren, tonhaltigen Waldböden zurück. Infolge der guten Durchlüftung und infolge der guten sonstigen physikalischen Eigenschaften werden wir aber hier immer eine ausserordentlich intensive Bakterientätigkeit vorfinden, so dass die Bodenatmung, bzw. die Intensität derselben, trotz der sonst geringen Bakterienzahl, immer ein optimales Niveau erreichen wird: Diese Untersuchungen haben daher zunächst gezeigt, dass die Bodenatmungsfrage bei diesen bewaldeten Sandböden kaum eine merkliche Rolle spielen wird und die Ursachen der Wuchsstockungen der Robinienwälder auf einem anderen Gebiet zu suchen sind. (Tabelle 1.)

Wir haben daher anschliessend an diese Forschungen auch

den Humusgehalt und den Stickstoffkreislauf dieser Waldböden eingehend untersucht. (Siehe Tabelle 2.) Hier haben wir auf Grund unserer anderweitig gewonnenen Erfahrungen das Problem auf Grund von Untersuchungen bearbeitet, die sich auf die Dauer eines Jahres erstreckt haben. Die Forschungsergebnisse haben zunächst erwiesen, dass natürlich der Robinienwaldboden infolge der oben erwähnten Symbiose mit *Bacillus radicicola* ziemlich hohen Gehalt an Nitrat-Stickstoff aufweist. Dass gerade der Nitrat-Stickstoffgehalt so hoch ausfällt, ist in erster Linie die Folge der guten Nitrifikationsverhältnisse der gut durchgelüfteten Sandböden. Da die Robinie die Nitrate meistens infolge ihrer Bakteriensymbiose unausgenützt lässt, kann man natürlich vorübergehend ein ziemlich hohes Nitratreichtum nachweisen. Diese Nitrate werden aber später abgewaschen und sie fallen grösstenteils der Denitrifikation anheim.

Es soll auch noch bemerkt werden, dass die leichte Zersetzbarkeit der Laubstreu der Robinie und die darauffolgende starke Nitrifikation den relativ grossen Anteil der schwerlöslichen Stickstoffverbindungen vermindert und den Nitratanteil vergrössert. Da aber, wie gesagt, diese Nitrate schon in den Herbstmonaten für den Boden verloren gehen, so ist es klar, dass der Schwarzkiefernwald, dessen Humusauflage aus schwer zersetzbaren Kiefernnadeln besteht, für die Reservierung der Stickstoffverbindungen in den Waldböden viel besser geeignet ist, als die Robinie.

Nach diesen Forschungen haben wir uns dann entschlossen, auch den Kali- und Phosphorkreislauf, nicht nur der sandigen Waldböden, sondern auch jener Bodentypen, welche für die Aufforstung in Betracht kommen, eingehend zu untersuchen. Dies war schon aus dem Grunde nötig, um die Anwendbarkeit der Pflanzenassoziationsmethoden, welche besonders von KISS (8) und MAGYAR (9) für die Sandböden ausgearbeitet worden sind, auf exakt bodenkundlicher Grundlage durchzuprüfen. Dass die bodenbiologische Seite des ganzen Fragenkomplexes eingehend berücksichtigt wurde, versteht sich von selbst.

Da die Forschungen des Institutes die Periodizität des Phosphorkreislaufes klar erwiesen haben, (10) haben wir darauf getrachtet, alle Bodenproben in einer Zeit zu entnehmen, in welcher

nach unseren Untersuchungen der Faktor Phosphorsäure und somit auch der Kalifaktor sich im Minimum befinden. Dass es sich hier um den zitronensäurelöslichen Anteil der beiden Faktoren handelt, braucht vielleicht nicht näher erklärt zu werden.

Die Resultate der Phosphor- und Kaliuntersuchungen enthält die Tabelle 3 (und die zugehörige Abbildung 1). Diese Tabelle gibt uns Aufschlüsse über den Gehalt an zitronensäurelöslichen Kali und Phosphorsäure der untersuchten Waldböden. Um diese Resultate auch physiologisch verwerten zu können, bringe ich hier zunächst die Minimumgrenzen nach KÖNIG, HASENBÄUMER und LEMMERMANN (4) für den Kali- und Phosphorsäuregehalt der Böden. Diese sind:

160 g K_2O pro 1000 g Boden
250 g P_2O_5 pro 1000 g Boden.

Für die Waldbäume sind diese Grenze nicht ermittelt worden. Wir können hier zunächst, da es sich hier hauptsächlich um die Robinie handelt, die Frage der Stickstoffernährung gänzlich ausschalten, da diese Baumart infolge ihrer bekannten Wurzelsymbiose ihren Stickstoffbedarf aus der Luft störungslos decken kann. Für die Robinie und für die übrigen Waldbäume liegen vorläufig überhaupt keine Zahlen für die Grenzwerte des Kali- und Phosphorgehaltes vor. Um hier wenigstens orientierungsweise einen gewissen Anhaltspunkt gewinnen zu können, mussten wir einen gewissen Umweg einschlagen.

Die Tabelle 6 zeigt uns den Kali- und Phosphorbedarf von einigen wichtigen landwirtschaftlichen Pflanzen nach FEKETE, und die Tabelle 4 enthält den Kali- und Phosphorsäurebedarf einiger wichtigen Waldbäume von EBERMAYER nach HENRY und WEBER ermittelt.

Die Schwarzkiefer wurde von uns mangels entsprechender Analysen vorläufig der Weisskiefer gleichgestellt, desgleichen die Erle der Buche und die Esche und Weisspappel der Buche. Von der Robinie bringe ich eine Zusammenstellung bezüglich des Kali- und Phosphorbedarfes diese für die Sandaufforstung so wichtigen Holzart nach Standortsklassen zusammengestellt (Tabelle 5). Bei der Zusammenstellung dieser Tabelle wurden als Grundlage die

neuesten Massentafeln, die von Z. FEKETE (7) in den letzten Jahren ermittelt worden sind, verwendet.

Es ist ganz natürlich, dass bei diesen Berechnungen der Kali- und Phosphorgehalt der Laubstreu, sowie der ganz dünne Äste, welche bei dem normalen Forstbetrieb im Boden zurückbleiben, verwesen und somit ihren normalen Aschensubstanzen den Boden wieder zurückgeben, nicht eingerechnet wurde. Als Berechnungsgrundlage dienten nur jene Holzmengen, welche tatsächlich aus dem Walde herausbefördert und somit dem normalen Stoffkreislauf entzogen wurde. (6)

Auf Grund dieser Daten wurden die Grenzwerten für die Beurteilung des Kali- und Phosphorgehaltes berechnet, undzwar derart, dass zunächst der Kali- bzw. Phosphorsäurebedarf der Getreidepflanzen mit dem Kali- bzw. Phosphorsäurebedarf der betreffenden Holzart dividiert wurde und mit dem derart gewonnenen Resultat (q) die Grenzwerte von LEMMERMANN einfach dividiert wurden. Durch dieses dividieren haben wir jene zitronensäurelösliche Kali- und Phosphorsäuremengen erhalten, welche für die Beurteilung der einzelnen Waldböden charakteristisch sind (siehe Tabelle 7).

Auf Grund dieser Zusammenstellungen können wir feststellen, dass von den untersuchten Böden nur ein einziger bezüglich des Phosphorgehaltes das Mass für die II. Standortsklasse der Robinie erreichen konnte, bezüglich des Kaligehaltes aber kein einziger.

Diese Ergebnisse zeigen uns ganz deutlich, dass die meisten der untersuchten Sandböden für die Anzucht und für das Gedeihen der Robinie ungeeignet sind. Von den untersuchten Versuchsflächen sind ja 70 % mit Kali und Phosphorsäure für die Robinie nicht ausreichend versorgt. Auch von den ausreichenden entfallen die meisten in die Bonitätsklasse VI. Bemerkenswert ist, dass alle jene Bodentypen, welche für die Robinie gänzlich ungeeignet sind, sehr gut für die übrigen Baumarten verwendet werden können.

Alle diese Überlegungen beweisen es daher ganz deutlich, dass die bisherige Praxis der Robinienaufforstung einer ganz gründlichen Revision unterzogen werden musste. Es steht ja ausser Zweifel, dass alle Wuchsstockungen, die in der letzten Zeit in der Robinienwäldern aufgetreten sind, auf die ungenügende Versor-

gung der Robinienstandorte der Steppenböden mit anorganischen Nährstoffen zurückzuführen sind. Da anderseits die hohe Rentabilität der Robinienwälder gerade in diesen holzarmen Gebieten einer Änderung der Baumart recht bedenklich machen würde, so ist es meiner Ansicht nach unbedingt notwendig, dem Düngungsproblem der Robinienwaldböden forstwirtschaftlich nahe zu treten.

Ganz besonders haben wir die Anwendungsmöglichkeiten der Pflanzenassoziationen bei der Beurteilung der Bodengüte untersucht. Die diesbezüglichen Resultate enthalten die Figuren 2 und 3, und die Tabelle 8. Da in der letzten Zeit P. MAGYAR (9) bereits auf Grund der Pflanzenassoziationen die verschiedenen Bodenkategorien bereits eingeteilt hat, so führe ich auf Abbildung 3 auch seine Klassifikation auf. Er unterscheidet drei Haupttypen, u. zw. Typ 1, der den schlimmsten Sandboden representiert, Typ 3, der den guten, und Typ 2, der den Übergang zwischen 1 und 3 vertritt. Die zugehörige Tabelle 8 enthält schliesslich jene Grenzwerte, zwischen welche die einzelnen Pflanzenassoziationen gedeihen und für die sie auch als Indikatoren benützt werden können.

Man kann im allgemeinen feststellen, dass die einzelnen Pflanzenassoziationen sehr gut als Wegweiser benützt werden können, wenn man vor allem die extremen Fälle vergleicht. Für die endgültige Entscheidung jedoch, ob ein Bodentyp für eine Holzart in energetischer Hinsicht entsprechen könnte, müsse man von den ganz extremen Fällen abgesehen, möglichst die exakten physikalisch-chemischen Analysen anwenden. Man kann aber beide Methoden sehr gut miteinander verwenden, wenn man die Assoziationen als allgemeine Orientierungsmittel verwendet und anschliessend daran für die exakte und detaillierte Untersuchungen den sicheren Weg der physikalisch-chemischen Analysen betritt.

Zusammenfassung der Resultate.

1. Die Untersuchungen haben im allgemeinen gezeigt, dass die biologische Tätigkeit der Sandböden und die damit verwendeten Bodenatmung im allgemeinen günstig verläuft.

2. Da jedoch die rasche Zersetzung der Laubstreu die An-

häufung einer für das Leben des Waldes unbedingt nötigen Stoffreserve unmöglich macht, so muss man diesem Umstand für den normalen Nährstoffhaushalt des Waldbodens als ungesund bezeichnen.

3. Die Untersuchungen haben auch den Kali- und Phosphorsäuregehalt der Sandböden der ungarischen Tiefebene auf biologischer Grundlage zu erforschen getrachtet. Es wurde auch die Tiefenverteilung dieser beiden Faktoren ausführlich untersucht.

4. Die Resultate haben gezeigt, dass der Kali- und Phosphorsäuregehalt, namentlich der zitronensäurelösliche Anteil derselben gewöhnlich hinter der gleichen Eigenschaft der lehmigen Waldböden zurückbleibt.

5. Bei der Aufforstung dieser Böden sind daher die Holzarten bzw. die Nährstoffansprüche derselben immer mit dem Nährstoffgehalt der einzelnen Bodentypen in Einklang zu bringen.

6. Aus diesem Standpunkte heraus ist die Frage der Aufforstung mit der Robinie einer eingehenden Revision zu unterziehen, da infolge der hohen Ansprüche, die diese Holzart gemäss ihrer kurzen Umtriebszeiten an den Nährstoffgehalt der Böden stellt, immer um ein mehrfaches die Ansprüche der übrigen Holzarten übersteigt.

(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften vom 14. Jänner 1935.)

WEBER-FÉLE RESOLVENSEK SZORZÁSA.

TIHANYI MIKLÓS-tól.

A körosztási számtestek egyik kivételes esete, mikor a számtest alapjául szolgáló primitív egységgyök nem

$$r = e^{\frac{2\pi i}{p^n}},$$

hanem

$$r = e^{\frac{2\pi i}{2^n}};$$

ezen számtest számára a resolvenst WEBER H.[1] adja

$$\left((-1)^{h_1},\ \omega^h,\ r\right)$$

alakban, ahol h_1 csak 0 és 1 értéket vehet fel, míg

$$\omega = e^{\frac{2\pi i}{2^{n-2}}}$$

szintén primitív egységgyök; ω ezen értéke h számára 2^{n-2} számú választást enged meg:

$$h = 1,\ 2.\ 3,\ldots,\ 2^{n-2};$$

így azután a resolvens fenti alakja a kellő számú

$$\varphi(2^n) = 2^{n-1}$$

különböző resolvenst szolgáltatja.

A WEBER-féle resolvens vizsgálatából kitűnik, hogy főbb vonásaiban egyezik a LAGRANGE-féle resolvenssel; az első ilyen

---

[1] Lehrbuch der Algebra v. H. WEBER, II. Bd. 1899. 72—73. l.

rokon vonás, hogy páros h esetén a WEBER-féle resolvens is eltűnik, míg ha h páratlan, a resolvens osztható 2-vel; e két tény közül az első nem új; igazolását egy újabb módszerrel csak annyiban hozzuk, amennyiben a második tény igazolásával összeolvad.

A resolvens kifejtése

$$\left((-1)^{h_1}, \omega^h, r\right) = \sum_{\mu=1}^{2^n-1}{}' (-1)^{h_1\alpha_1}\omega^{h\alpha_\mu\mu}$$

összegezést jelenti, ahol

$$\mu \equiv (-1)^{\alpha_1}5^\alpha \pmod{2^n}$$

kongruenciát kell figyelembe vennünk és tudnunk kell, hogy μ páratlan szám a 2^n kongruenciális modulus maradékait jelzi. Ha az összegezésnél mindig két összetartozó maradékszámmal: μ és $2^{n-1}+\mu$ dolgozunk és az

$$5^{2^{n-3}} \equiv 2^{n-1} + 1 \pmod{2^n}$$

kongruenciára támaszkodva figyelembe vesszük, hogy

$$\mu(2^{n-1}+1) \equiv 2^{n-1} + \mu \pmod{2^n},$$

akkor a két összetartozó maradékszám a következő kongruenciális jellemzést kapja:

$$\begin{aligned} \mu &\equiv (-1)^{\alpha_1}5^\alpha \pmod{2^n}, \\ 2^{n-1} + \mu &\equiv (-1)^{\alpha_1}5^{\alpha+2^{n-3}} \pmod{2^n}. \end{aligned}$$

Ez alapon a két ily számra vonatkoztatott összeg

$$(-1)^{h_1\alpha_1}\omega^{h\alpha_\mu\mu}(1+\omega^{h\cdot 2^{n-3}}\cdot r^{2^{n-1}});$$

ámde

$$r^{2^{n-1}} = -1 \quad \text{és} \quad \omega^{2^{n-3}} = -1,$$

tehát a nyert összeg végső alakja

$$(-1)^{h_1\alpha_1}\omega^{h\alpha_\mu\mu}[1 \quad (-1)^h];$$

ez pedig nyilván mutatja, hogy ha h páros, az összegezés 0-t eredményez; ellenkező esetben, midőn h páratlan, a

$$2(-1)^{h_1\alpha_1}\omega^{h\alpha_\mu\mu}$$

érték folytán a resolvens a következő alakban jelentkezik:

$$\left((-1)^{h_1}, \omega^h, r\right) = 2\sum_{\mu=1}^{2^{n-1}-1}(-1)^{h_1\alpha_1}\omega^{h\alpha_\gamma\mu}; \ldots \quad (1)$$

itt természetesen nem szabad felednünk, hogy μ-nek már csak azon értékei szerepelnek, amelyek kisebbek 2^{n-1} hatványnál.

Az előzők alapján kijelenthetjük, hogy a resolvens értékének vizsgálata páros h esetén tárgytalan.

Egy másik rokon vonás a

$$\left((-1)^{h_1}, \omega^h, r^l\right) \quad \text{és} \quad \left((-1)^{h_1}, \omega^h, r\right)$$

resolvensek összefüggését:

$$\left((-1)^{h_1}, \omega^h, r^l\right) = (-1)^{-h_1\varrho_1}\omega^{-h\varrho}\left((-1)^{h_1}, \omega^h, r\right)\ldots \quad (2)$$

tárja elénk. Itt kikötjük, hogy l szám a 2^n kongruenciális modulusnak egyik maradékszáma, tehát

$$l \equiv (-1)^{\varrho_1}5^{\varrho} \pmod{2^n}.$$

Kérdéses resolvensünket

$$\left((-1)^{h_1}, \omega^h, r^l\right) = \sum_{\mu=1}^{2^{n-1}}(-1)^{h_1\alpha_1}\omega^{h\alpha_\gamma l\mu}$$

más alakba írhatjuk át, ha egyrészt figyelembe vesszük, hogy $l\mu$ ugyanazon maradéksort adja a 2^n kongruenciális modulusra vonatkozólag, mint μ, csak más sorrendben, másrészt, ha tekintettel vagyunk

$$l\mu \equiv (-1)^{\varrho_1+\alpha_1}5^{\varrho+\alpha} \pmod{2^n}$$

kongruenciára; ez alapon a kérdéses resolvensre a következő kapcsolatot nyerjük:

$$\left((-1)^{h_1}, \omega^h, r^l\right) = (-1)^{-h_1\varrho_1}\omega^{-h\varrho}\sum_{\mu=1}^{2^{n-1}}(-1)^{h_1(\varrho_1+\alpha_1)}\omega^{h(\varrho+\alpha)\gamma l\mu};$$

ámde

$$\sum_{\mu=1}^{2^{n-1}}(-1)^{h_1(\varrho_1+\alpha_1)}\omega^{h(\varrho+\alpha)\gamma l\mu} = \left((-1)^{h_1}, \omega^h, r\right);$$

de ez már igazolja a (2) alatt levő összefüggést.

A WEBER-féle resolvens tárgyalásánál is a legfontosabb a

resolvensek szorzásának megállapítása; a vizsgálat során itt is sok hasonlóságot találunk a LAGRANGE-féle és WEBER-féle resolvensek között.

Legyen a két resolvens, melyek szorzását tárgyaljuk:

$$\left((-1)^{h_1}, \omega^h, r\right) = \sum_{\mu=1}^{2^{n-1}} (-1)^{h_1\alpha_1}\omega^{h\alpha\gamma\mu}$$

és

$$\left((-1)^{k_1}, \omega^k, r\right) = \sum_{\mu_1=1}^{2^{n-1}} (-1)^{k_1\beta_1}\omega^{k\beta\gamma\mu_1};$$

itt

$$\mu \equiv (-1)^{\alpha_1} 5^{\alpha} \pmod{2^n} \quad \text{és} \quad \mu_1 \equiv (-1)^{\beta_1} 5^{\beta} \pmod{2^n}$$

kongruenciák érvényesek. Ha figyelembe vesszük, hogy μ_1-nek egyik határozott értéke mellett $\mu\mu_1$ ugyanazon maradéksort adja a 2^n kongruenciális modulus szerint, mint a változó μ, csak más sorrendben, akkor a két resolvens szorzata

$$\left((-1)^{h_1}, \omega^h, r\right)\left((-1)^{k_1}, \omega^k, r\right) = \\ = \sum_{\mu=1}^{2^{n-1}} (-1)^{h_1\alpha_1}\omega^{h\alpha} \sum_{\mu_1=1}^{2^{n-1}} (-1)^{(h_1+k_1)\beta_1}\omega^{(h+k)\beta\gamma(1+\mu)\mu_1} \qquad (3)$$

alakban jelentkezik; itt tekintettel voltunk

$$\mu\mu_1 \equiv (-1)^{\alpha_1+\beta_1} 5^{\alpha+\beta} \pmod{2^n}$$

kongruenciára. A továbbiakban kétfelé ágazik a tárgyalás, a szerint, amint

$$h + k \equiv 0 \pmod{2^a}$$

kongruenciában $a<n-2$, vagy pedig $a=n-2$.

I.

Az első esetben

$$a = 1, 2, 3, \ldots, n-3$$

értékekkel dolgozunk; továbbá arra is figyelünk, hogy $1+\mu=l.2^x$ összefüggés

$$x = 1, 2, 3, \ldots, n$$

eseteket öleli fel, ahol $(l, 2) = 1$, vagyis az l a 2^{n-x} kongruen-

ciális modulus maradékaival azonos. Először csak $x < n-1$ esetekkel foglalkozunk és ekkor μ_1 számára

$$\mu_1 = s.2^{n-x} + \nu$$

felbontást alkalmazzuk; e felbontásban ν a 2^{n-x} kongruenciális modulus maradékaival azonos, míg s értékeit

$$s = 0, 1, 2, \ldots, 2^x - 1$$

helyettesítés adja. Az $x=n$, $n-1$ értékek mellett μ_1 felbontása nem célravezető, és így e két eset kivizsgálása külön tárgyalást kíván.

A megindulásnál μ egyik adott értékénél maradunk és csak μ_1-et változtatjuk, de ezt is csak annyiban, hogy a

$$\mu_1 = s.2^{n-x} + \nu$$

felbontásban változatlan ν mellett s különböző értékeivel összegezünk. Ámde μ_1 ilyen értékei szoros kongruenciális kapcsolatban vannak egymással; ugyanis

$$\mu_1 = s.2^{n-x} + \nu \equiv (-1)^{\beta_1} 5^{\beta} \pmod{2^n},$$
$$\mu_1' = s'.2^{n-x} + \nu \equiv (-1)^{\beta_1} 5^{\beta'} \pmod{2^n}$$

összefüggés folytán

$$5^{\beta'} \equiv 5^{\beta} \pmod{2^{n-x}}, \quad \text{illetőleg} \quad 5^{\beta'-\beta} \equiv 1 \pmod{2^{n-x}}$$

kongruenciák lépnek fel, amelyek alapján

$$\beta' - \beta = t.2^{n-x-2}, \quad \text{illetőleg} \quad \beta' = \beta + t.2^{n-x-2}$$

kapcsolatot nyerjük. Némi meggondolás rávezet bennünket arra a tényre, hogy μ_1 vizsgált értékei között lesz egy olyan, amelyhez a legkisebb β kitevő tartozik; minthogy továbbá μ_1 vizsgált értékeinek száma 2^x, és a változó β' kitevő

$$\beta' \leqq 2^{n-2}$$

feltételnek hódol, azért t értékeit

$$0, 1, 2, \ldots, 2^x - 1$$

sorozat adja, míg a legkisebb β értékre

$$\beta \leqq 2^{n-x-2}$$

határt nyerjük.

Ezen előzetes megjegyzések után az említett összegezést a (3) formula alapján

$$(-1)^{h_1\alpha_1}\omega^{h\alpha}(-1)^{(h_1+k_1)\beta_1}\omega^{(h+k)\beta\gamma^l 2^{x\nu}}S$$

alakban nyerjük, ahol

$$S = 1 + \omega^{(h+k)\tau} + \omega^{(h+k)2\tau} + \cdots + \omega^{(h+k)(2^x-1)\tau} \quad \text{és} \quad \tau = 2^{n-x-2}$$

jelzéseket használtunk. Ezen eredményt három lehetséges szempont szerint vetjük vizsgálat alá.

1. Ha $x<a$, akkor $S=2^x$; a két resolvens szorzata tehát

$$\begin{aligned}&\left((-1)^{h_1}, \omega^h, r\right)\left((-1)^{k_1}, \omega^k, r\right) = \\ &= \sum_{\mu=1}^{2^{n-1}}(-1)^{h_1\alpha_1}\omega^{h\alpha}2^x\sum_{\nu=1}^{2^{n-x-1}}(-1)^{(h_1+k_1)\beta_1}\omega^{(h+k)\beta\gamma^l 2^{x\nu}}\end{aligned} \tag{4}$$

alakot veszi fel; itt ismét hangsúlyozzuk, hogy ν a 2^{n-x} kongruenciális modulus maradékait öleli fel a

$$\nu \equiv (-1)^{\beta_1}5^{\beta} \pmod{2^{n-x}}$$

kongruenciának megfelelőleg. Ha most

$$r^{2^x} = r_x = e^{\frac{2\pi i}{2^{n-x}}}$$

primitív egységgyökhöz

$$\omega^{2^x} = \omega_x = e^{\frac{2\pi i}{2^{n-x-2}}}$$

primitív egységgyököt társítjuk, ami $h+k=m.2^x$ összefüggés alapján teljesen helytálló, akkor a két resolvens szorzatának

$$\begin{aligned}&\left((-1)^{h_1}, \omega^h, r\right)\left((-1)^{k_1}, \omega^k, r\right) = \\ &= \sum_{\mu=1}^{2^{n-1}}(-1)^{h_1\alpha_1}\omega^{h\alpha}2^x\sum_{\nu=1}^{2^{n-x-1}}(-1)^{(h_1+k_1)\beta_1}\omega_x^{m\beta}r_x^{l\nu}\end{aligned}$$

újabb alakjából hamarosan látni fogjuk, hogy az összegezés ezen része 0; hiszen

$$\sum_{\nu=1}^{2^{n-x-1}}(-1)^{(h_1+k_1)\beta_1}\omega_x^{m\beta}r_x^{l\nu} = \left((-1)^{h_1+k_1}, \omega_x^m, r_x^l\right)$$

olyan alacsonyabbfokú resolvens, amely az r_x primitív egységgyöktől megállapított körosztási számtesthez tartozik; ámde a (2) formula szerint

$$\left((-1)^{h_1+k_1}, \omega_x^m, r_x^l\right) = (-1)^{-(h_1+k_1)\varrho_1}\omega_x^{-m\varrho}\left((-1)^{h_1+k_1}, \omega_x^m, r_x\right);$$

minthogy azonban m még osztható 2-vel, hiszen $x<a$, azért az előzők szerint

$$\left((-1)^{h_1+k_1}, \omega_x^m, r_x\right) = 0;$$

x-nek tehát a-nál kisebb értékeit nem kell figyelembe vennünk.

2. Ha $x>a$, akkor viszont S értéke tűnik el; hiszen

$$S = \frac{\omega^{(h+k)2^{n-2}}-1}{\omega^{(h+k)2^{n-x-2}}-1} = 0,$$

mert az x-re tett kikötés folytán

$$\omega^{(h+k)2^{n-x-2}} \neq 1.$$

Nem szabad azonban felednünk, hogy $x=n$, $n-1$ eseteket külön elszámolásra tartottuk fenn; az első esetben

$$\mu = 2^n - 1 \equiv (-1).5^{2^{n-2}} \pmod{2^n}$$

kongruenciának megfelelőleg az ide vonatkozó összeg a (3) alapján

$$(-1)^{h_1}\omega^{h2^{n-2}}[1+(-1)^{h_1+k_1}].S_1$$

alakkal adódik, ahol S_1 értékét

$$S_1 = \omega^{h+k} + \omega^{2(h+k)} + \omega^{3(h+k)} + \cdots + \omega^{2^{n-2}(h+k)}$$

sor jelzi; ámde S_1 értéke 0 az

$$S_1 = \omega^{h+k}\,\frac{\omega^{(h+k)2^{n-2}}-1}{\omega^{h+k}-1}$$

összefüggés értelmében.

A második kivételes esetben a

$$\mu = 2^{n-1} - 1 \equiv (-1)(2^{n-1}+1) \equiv (-1).5^{2^{n-3}} \pmod{2^n}$$

kongruenciához igazodva μ ezen értéke mellett az összegezés

$$-(-1)^{h_1}\omega^{h2^{n-3}}[1+(-1)^{h_1+k_1}].S_1$$

eredményre vezet; itt S_1 azonos a fentivel, tehát ismét eltűnik. Leszögezhetjük tehát azon megállapítást, hogy $x \gtrless a$ esetekben az összegezés 0 eredményt ad.

3. Az előzők alapján világos, hogy két resolvens szorzatát a 3. eset dönti el, midőn $x=a$; a fentiekből azt is láthatjuk, hogy ezen esetben $S=2^a$, és így a két resolvens szorzatára

$$\left((-1)^{h_1}, \omega^h, r\right)\left((-1)^{k_1}, \omega^k, r\right) = \\ = 2^a \sum_{l=1}^{2^{n-a}-1} (-1)^{h_1\alpha_1} \omega^{h\alpha} \sum_{\nu=1}^{2^{n-a}-1} (-1)^{(h_1+k_1)\beta_1} \omega^{(h+k)\beta_1 l 2^a \nu}$$

formulát nyerjük. E formulában μ már csak $\mu = l.2^a - 1$ alak szerint változhatik; l és ν értékeit azon tény szabja meg, hogy mindegyik a 2^{n-a} kongruenciális modulus maradékaiból adódik; végül a kifejtésben

$$\mu = l.2^a - 1 \equiv (-1)^{\alpha_1} 5^\alpha \pmod{2^n} \quad \text{és} \quad \nu \equiv (-1)^{\beta_1} 5^\beta \pmod{2^{n-a}}$$

kongruenciákkal dolgozunk.

Ha most $h+k=m.2^a$ feltevés értelmében

$$\omega_a = \omega^{2^a} \quad \text{és} \quad r_a = r^{2^a}$$

alacsonyabb fokú primitív egységgyökökre térünk át, akkor a WEBER-féle resolvensek szorzását

$$\left((-1)^{h_1}, \omega^h, r\right)\left((-1)^{k_1}, \omega^k, r\right) = \\ = 2^a \sum_{l=1}^{2^{n-a}-1} (-1)^{h_1\alpha_1} \omega^{h\alpha} \left((-1)^{k_1+k_1}, \omega_a^m, r_a^l\right) \tag{5}$$

alakban szögezhetjük le.

II.

Áttérve a második főesetre, midőn

$$h + k \equiv 0 \pmod{2^{n-2}},$$

a két resolvens szorzatára

$$\left((-1)^{h_1}, \omega^h, r\right)\left((-1)^{k_1}, \omega^k, r\right) = \\ = \sum_{\mu=1}^{2^{n-1}} (-1)^{h_1\alpha_1} \omega^{h\alpha} \sum_{\mu_1=1}^{2^{n-1}} (-1)^{(h_1+k_1)\beta_1\gamma\mu_1(1+\mu)}$$

eredményt nyerjük; egyelőre

$$1 + \mu = 2^n,\ 2^{n-1},\ 2^{n-2},\ 3.2^{n-2}$$

értékeket kizárjuk és μ-nek csak többi értéke mellett összegezünk; μ-nek egyik ilyen tetszőleges értéke mellett μ_1-re az összegezést végrehajtjuk; a nyert részletösszeg

$$\begin{aligned}(-1)^{h_1\alpha_1}\omega^{h\alpha}\,[\gamma^{1+\mu}S_2 + (-1)^{h_1+k_1}\gamma^{3(1+\mu)}S_2] = \\ = (-1)^{h_1\alpha_1}\omega^{h\alpha}\gamma^{1+\mu}\,[1 + (-1)^{h_1+k_1}\gamma^{2(1+\mu)}]\,S_2\end{aligned} \tag{6}$$

alakban jelentkezik, ahol S_2 értékét

$$S_2 = 1 + \gamma^{4(1+\mu)} + \gamma^{8(1+\mu)} + \ldots + \gamma^{(2^n-4)(1+\mu)}$$

sor adja; ámde S_2 értéke

$$S_2 = \frac{\gamma^{2^n(1+\mu)}-1}{\gamma^{4(1+\mu)}-1} = 0$$

összefüggés értelmében eltűnik, hiszen a kikötés folytán

$$\gamma^{4(1+\mu)} \neq 1.$$

Ezek után μ kivételes értékeit kell vizsgálat alá vetnünk; az első két kivételes szám

$$\begin{aligned}2^n - 1 &\equiv (-1).5^{2^{n-2}} \pmod{2^n},\\ 2^{n-1} - 1 &\equiv -(2^{n-1}+1) \equiv (-1).5^{2^{n-3}} \pmod{2^n}\end{aligned}$$

kongruenciáknak tesz eleget; másrészt a jelen esetben $S_2 = 2^{n-2}$; ezek figyelembevételével a (6) formula e két számra vonatkozó összeget

$$(-1)^{h_1}\,[1 + (-1)^{h_1+k_1}]\,2^{n-1}$$

értékben adja.

A másik két szám kongruenciális viszonyait a következő módon tisztázhatjuk; először figyelembe vesszük

$$\begin{aligned}2^{n-2} - 1 &\equiv (-1)(3.2^{n-2}+1) \equiv (-1).5^{\alpha} \pmod{2^n},\\ 3.2^{n-2} - 1 &\equiv (-1)(2^{n-2}+1) \equiv (-1).5^{\alpha'} \pmod{2^n}\end{aligned}$$

kongruenciákat; azután megállapítjuk, hogy e két szám szorzata

$$(2^{n-2}-1)(3.2^{n-2}-1) \equiv 1 \pmod{2^n}$$

kongruenciának tesz eleget, ha elfogadjuk $n \geqq 4$ kikötést; ebből következik

$$a + a' = 2^{n-2}$$

összefüggés. Most induljunk ki

$$5^{2^0} \equiv 2^2 + 1 \pmod{2^4}$$

kongruenciából; ez utóbbi kongruencia 2-re való hatványozással

$$5^{2^1} \equiv 3.2^3 + 1 \pmod{2^5}$$

kongruenciára fordul át; újabb hatványozás a kongruencia jellegét már nem változtatja meg:

$$5^{2^2} \equiv 3.2^4 + 1 \pmod{2^6};$$

általános alakban

$$5^{2^{n-4}} \equiv 3.2^{n-2} + 1 \pmod{2^n}. \tag{7}$$

Ez utóbbi kongruencia helyességét n-ről $(n+1)$-re való következtetés igazolja, amennyiben 2-re való hatványozással

$$5^{2^{n-3}} \equiv 3.2^{n-1} + 1 \pmod{2^{n+1}}$$

kongruenciára jutunk $n \geqq 5$ feltevéssel, hiszen ekkor

$$2^{2n-4} = 2^{n-5}.2^{n+1} \equiv 0 \pmod{2^{n+1}}.$$

A mondottakból világos, hogy $a = 2^{n-4}$ és $a' = 3.2^{n-4}$.

Ezen két ismert index segítségével a hátralevő két kivételes számra az összegezés eredményét a (6) formula útján

$$(-1)^{h_1} 2^{n-2} [1 - (-1)^{h_1+k_1}] [\omega^{h_1.2^{n-4}} \gamma^{2^{n-2}} + \omega^{h_1.3.2^{n-4}} . \gamma^{3.2^{n-2}}]$$

alakban nyerjük; némi meggondolás után

$$\omega^{h 2^{n-4}} . \gamma^{2^{n-2}} + \omega^{h 3.2^{n-4}} \gamma^{3.2^{n-2}}$$

kifejezés értékét $\omega = \gamma^{2^2}$ helyettesítéssel

$$\gamma^{(h+1)2^{n-2}} [1 + \gamma^{(h+1)2^{n-1}}] = 2.\gamma^{(h+1)2^{n-2}}$$

alakra egyszerűsíthetjük és így a keresett részletösszeg számára

$$(-1)^{h_1} 2^{n-1} \gamma^{(h+1)2^{n-2}} [1 - (-1)^{h_1+k_1}]$$

kifejezést írhatjuk.

Összefoglalva a négy kivételes számra nyert megállapításokat, a második főesetben a két resolvens szorzatára

$$\begin{aligned}&\big((-1)^{h_1}, \omega^h, r\big)\big((-1)^{k_1}, \omega^k, r\big) = \\ &= (-1)^{h_1} 2^{n-1} \left\{1 + (-1)^{h_1+k_1} + [1 - (-1)^{h_1+k_1}]\, r^{(h+1)2^{n-2}}\right\} \quad (8)\end{aligned}$$

formulát nyerjük.

Minthogy h_1 és k_1 között csak kétféle kapcsolat lehet:

$$a)\ h_1 = k_1 \quad \text{és} \quad b)\ h_1 \neq k_1,$$

ennek megfelelőleg a két resolvens szorzata is

$$a)\ (-1)^{h_1} 2^n, \quad \text{illetőleg} \quad b)\ (-1)^{h_1} 2^n r^{(h+1)2^{n-2}}$$

értékkel jelentkezik. Ezen eredmények általánosabb alakban adják Weber H. úr vonatkozó megállapítását.[1]

Megállapításaink a tárgyalás közben tett megszorítások folytán az $n = 2, 3, 4$ esetekre nem vonatkoznak; ezen egyszerű esetek tehát külön elbirálás alá esnek.

---

[1] Lehrbuch der Algebra v. H. Weber, II. Bd., 1899, 72. l.

(A M. T. Akadémia III. osztályának 1936. május 11-én tartott üléséből.)

DIE MULTIPLIKATION DER WEBERSCHEN RESOLVENTEN.

Von NIKOLAUS TIHANYI.

Wenn die Grundzahl eines Kreiskörpers die primitive Einheitswurzel

$$r = e^{\frac{2\pi i}{2^n}}$$

ist, und der r dazu die primitive Einheitswurzel

$$\omega = e^{\frac{2\pi i}{2^{n-2}}}$$

nehmen, alsdann liefert die Formel

$$\left((-1)^{h_1}, \omega^h, r\right) = \sum_{\mu=1}^{2^n-1} (-1)^{h_1\alpha_1} \omega^{h\alpha_\mu \mu}$$

nach H. WEBER die Resolvente des Kreiskörpers, wobei die Kongruenz

$$\mu \equiv (-1)^{\alpha_1} 5^{\alpha} \pmod{2^n}$$

besteht.

Es ist bekannt, dass die WEBER-sche Resolvente verschwindet, wenn h eine gerade Zahl ist; bei ungeradem h ist die Resolvente nach der Formel:

$$\left((-1)^{h_1}, \omega^h, r\right) = 2 \sum_{\mu=1}^{2^{n-1}-1} (-1)^{h_1\alpha_1} \omega^{h\alpha_\mu \mu} \tag{1}$$

durch 2 teilbar.

Für die Resolvente

$$\left((-1)^{h_1}, \omega^h, r^d\right)$$

besteht der folgende Zusammenhang:

$$\left((-1)^{h_1}, \omega^h, r^l\right) = (-1)^{-h_1\varrho_1}\omega^{-h\varrho}\left((-1)^{h_1}, \omega^h, r\right); \qquad (2)$$

hierbei muss man die Kongruenz

$$l \equiv (-1)^{\varrho_1} 5^{\varrho} \pmod{2^n}$$

in Betracht gezogen werden.

Die Multiplikation zweier WEBER-schen Resolventen zeigt die Formel:

$$\left((-1)^{h_1}, \omega^h, r\right)\left((-1)^{k_1}, \omega^k, r\right) = \\ = 2^a \sum_{l=1}^{2^{n-a-1}} (-1)^{h_1\alpha_1}\omega^{h\alpha}\left((-1)^{h_1+k_1}, \omega_a^m, r_a^l\right), \qquad (3)$$

die unter den folgenden Voraussetzungen

$$h+k=m.2^a,\ a<n-2,\ (m, 2)=1,\ \mu=l.2^a-1\equiv(-1)^{\alpha_1}5^a \pmod{2^n},$$
$$(l, 2)=1,\ \omega_a=\omega^{2^a},\ r_a=r^{2^a}$$

statt hat.

Im Falle von $a=n-2$, wird die Multiplikation der Resolventen nach der Formel ausgeführt

$$\left((-1)^{h_1}, \omega^h, r\right)\left((-1)^{k_1}, \omega^k, r\right) = \\ = (-1)^{h_1}2^{n-1}\left\{1 + (-1)^{h_1+k_1} + [1 - (-1)^{h_1+k_1}]\, r^{(h+1)2^{n-2}}\right\}. \qquad (4)$$

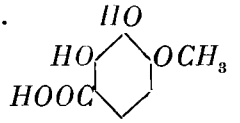
Da der Zusammenhang zwischen h_1 und k_1 einerseits *a)* $h_1=k_1$, anderseits *b)* $h_1\neq k_1$ ist, bekommen wir dem entsprechend als Resultat der Multiplikation der Resolventen im Falle *a)* $(-1)^{h_1}2^n$, im Falle *b)* $(-1)^{h_1}2^n r^{(h+1)2^{n-2}}$.

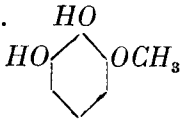
(Aus der Sitzung der III. Klasse der ungarischen Akademie der Wissenschaften vom 11. Mai 1936.)

EGY ÚJ PYROGALLOLALDEHYD SZINTÉZISE.[1]

MAUTHNER NÁNDOR l. tagtól.

A pyrogalloltól a növényi anyagok szintézise szempontjából több fontos aldehyd származtatható le, mint a trimethylgallus aldehyd, a syringaaldehyd és az iridinaldehyd, amely vegyületek szintéziseit már előzőleg ismertettem a Matematikai és Természettudományi Értesítőben.[2] Ezen vizsgálataim folytatásaképpen most megkíséreltem az eddig ismeretlen, 2-methylpyrogallolaldehyd szintézisét. Ez aldehyd szintézise céljából szükségem volt mint kiindulási anyagra az 1-methylpyrogallolaetherre (II), amely vegyületet HERZIG és POLLAK állítottak elő, diazomethannak[3] pyrogallolcarbonsavmethylesterre való hatásakor előálló 4-methylpyrogallolcarbonsav (I) hevítése által. E vegyület másik képző-

I. 

II. 

dési módja GRAEBE és HESS[4] szerint a pyrogallol methylezésen alapszik dimethysulfat segélyével, de ezen eljárás nem alkalmas az 1-methylpyrogallol előállítására, mert ezúton nyert terméket nem sikerül kristályos állapotban előállítani, a reakciónál

---

[1] A budapesti Pázmány Péter tud. egyetem II. sz. kémiai intézetében készült dolgozat.

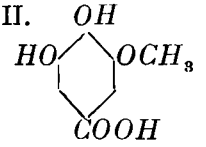
[2] Math. és Természettud. Ért. 31. köt. 374 (1913); 34. köt. 120 (1916); 43. köt. 373 (1926); Ber. 41, 920 (1908); Ann. Chem. 395, 273 (1913), Ann. Chem. 449, 102 (1926); Journ. prakt. Ch. 119, 306 (1928); 142, 29 (1935).

[3] Mon. 23, 701; 25, 506.

[4] Ann. Chem. 340, 236 (1905).

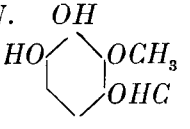
egyidejűleg előálló isomervegyület által való szennyeződése folytán. Én mindenekelőtt egy új eljárást dolgoztam ki ezen aether előállítására, amely a 3-methylgallussav (III) hevítésén alapszik, és amely vegyületet igen tiszta állapotban sikerült előállítani

III.

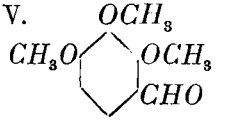


Bradley, Robinson és Schwarzenbach [1] eljárása szerint. E célból gallussavmethylestert kondenzálunk benzophenonchloriddal pyridin jelenlétében 3-oxy 4, 5-diphenylendioxybenzoesavvá. E vegyületet jódmethyllel methylezzük és a diphenylmethylencsoportot füstölgő sósavval lehasítjuk, miközben a carboxylgyök egyidejű elszappanosítása közben 3-methylgallussav (III) képződik. Az így előálló vegyület hevítésekor az 1-methylpyrogallolaether képződik. Ez az első eljárás, amelynél a kiindulási anyag methylezésénél, isomérvegyület és melléktermények nem képződnek. Ezen aetherből a módosított Gattermann-féle szintézis szerint zinkcyanid és vízmentes sósavgáz hatására a 2-methylpyrogallolaldehyd (IV) képződött. A vegyület szerkezetének megállapítása

IV.

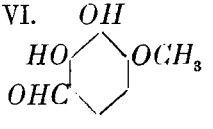


V.



céljából az aldehydet acetonos oldatban jódmethyl és kaliumcarbonat segélyével teljesen methyleztem, és így a Barger és Ewens [2] által más úton már előállított trimethylpyrogallolaldehydet (V) nyertem. E kísérlet által az aldehydcsoport substituáló helye két izomerre redukálódott (IV és VI) amelyek közül a (IV)

VI.



[1] Journ. Chem. Soc. 1930, 793.

[2] Journ. Chem. Soc. 97, 2258 (1910).

képletnek megfelelő termék szerkezete a valószínűbb, mert az aldehydcsoport e szintézisnél a leggyakrabban a para állásba lép a hydroxylgyökhöz.

KÍSÉRLETI RÉSZ.

1-methylpyrogallolaether.

A fenti vegyület előállításához szükséges gallussavmethylestert előző adataim[1] szerint állítottam elő. A második összetevő rész gyanánt szükséges benzophenonchloridet, benzophenonból (75 g) és phosphorpentachloridból (90 g) hevítés útján 160—170 C°-on állítjuk elő visszafolyó hűtőcsővel. Légritkított térben desztilláljuk, miközben 14 mm nyomás alatt 167 C°-on desztillál. Termelés 85 g. A kondenzációt lényegében Bradley, Robinson és Schwarzenbach[2] adatai szerint végeztem. 44 g gallussavmethylesterből és 50 g benzophenonchloridból a reakciós termék feldolgozása után 50 g benzolból átkristályosított 3-oxy 4, 5-diphenylendioxybenzolsavmethylestert nyertem. Ez utóbbi terméket jódmethyllel és nátriumaethylattal methyleztem és így 38·5 g methylterméket nyertem. A diphenylmethylengyök sósavval való lehasítása és a carboxylgyök egyidejű elszappanosítása útján 14·5 g meleg vízből átkristályosított 3-methylgallussavat nyertem. Olvadáspontja 220—222 C°.

14·2 g savat előbb egy órahosszat egy Wood-féle fémből való fürdőben 250—270 C°-on hevítettem, amíg a széndioxydfejlődés megszűnt. Ezután a terméket frakcionáló lombikból, amelynek alacsonyan fekvő oldalkivezetőcsöve volt közönséges nyomás alatt ledesztilláltam. Termelés 6·5 g. A további tisztítás céljából az aethert vacuumban desztilláltam, miközben a a termék 13 mm nyomás alatt 136—137 C°-on desztillált. Termelés 5·7 g. Olvadáspont 37—40 C° Herzig és Pollak[3] adataival egyezőleg.

---

[1] Math. és Természettud. Ért. 50, 489 (1933).

[2] Loc. cit.

[3] Loc. cit.

2-methylpyrogallolaldehyd.

Ezen aldehyd szintézisét az ADAMS és LEVINE[1] által módosított GATTERMANN-féle módszer szerint végeztem.

A fenti szintézishez szükséges zinkcyanidet a következőkben állítottam elő: 26·5 g kaliumcyanidet 70 ccm vízben oldunk és 10 g magnesiumchlorid 20 cm^3 vizes oldatával elegyítjük. A képződő csapadékot leszűrjük, és vízzel többször jól kimossuk. A szűrt oldatot hűtés közben lassacskán 26·1 vízmentes zinkchlorid 30 cm^3 50%-os alkoholos oldatával elegyítjük. A leszűrt zinkcyanidet 3-szor vízzel, majd kétszer alkohollal kimossuk, és egynehány napon át vacuumexsiccatorban kénsav felett szárítjuk. 2·7 g 1-methylpyrogalolaethert 50 cm^3 vízmentes aetherben oldunk, 6 g zinkcyanidet adunk hozzá, és két óra hosszat száraz sósavgázt vezetünk be. A reakciós termék olajszerű állapotban válik ki. A termék felett levő aethert leöntjük és a reakciós terméket kétszer vízmentes aetherrel kimossuk. Az olajos reakciós termékhez 100 cm^3 vizet adunk, miközben ez feloldódik, és az oldatot 10 percig forraljuk, miközben az iminoszármazék szétbomlik. A lehűtött oldatot háromszor aetherrel kivonjuk, és az aetheres oldatot kétszer 40 %-os bisulfitoldattal átrázzuk. A bisulfitoldatot sósavval megsavanyítjuk és aetherrel kivonjuk. Az oldószer lepárlása után visszamaradó aldehydet (0·7 g) további tisztítás céljából meleg vízből kristályosítjuk át, miközben csontszénnel színtelenítünk. Olvadáspont 118—119 C°.

4·235 mg anyag adott: 8·910 mg CO_2-t és 1·910 mg H_2O-t.

A $C_8H_8O_4$ képlet alapján a számított értékek: $C=57·14\%$, $H=4·76\%$.

Kísérletileg talált értékek: $C=57·37\%$, $H=5·01\%$.

Az aldehyd könnyen oldódik alkoholban és aetherben. Hidegen ligroinban nehezen oldódik, ellenben könnyen melegben. Az aldehyd híg, vizes alkoholos oldatát vaschlorid zöldszínűre festi. Az aldehyd további jellemzésére még a p. nitrophenylhydrazonját is előállítottam.

[1] Journ. Ann. chem. Soc. 44, 2373 (1923).

0·5 g aldehydet feloldunk 10 cm^3 50 %-os ecetsavban, és melegen 0·5 g p. nitrophenylhydrazin ecetsavas (10 cm^3, 50%-os) oldatával elegyítjük. Rövid idő alatt a hydrazon kiválik és további tisztítás céljából 50%-os ecetsavból átkristályosítjuk.

3·290 mg anyag adott: 0·42 cm^3 nitrogent (19 C°, 727 mm).

A $C_{14}H_{13}O_5N_4$ képlet alapján a számított értékek: $N=13{\cdot}86\%$.

Kísérletileg talált érték: $N=13{\cdot}95\%$.

A vegyület vörös tűkben kristályosodik, amelyek bomlás közben 249—250 C°-on olvadnak.

Az aldehyd szerkezetének megállapítása céljából a terméket a következőképpen teljesen methylezett származékára alakítottam. 0·5 g. monomethylpyrogallolaldehydet feloldunk 30 cm^3 vízmentes acetonban, és 5 g száraz kaliumcarbonattal három napig a visszafolyó hűtőcsővel a vízfürdőn hevítjük. Ezután a reakciós elegyből az acetont ledesztilláljuk, vízzel elegyítjük, és sósavval megsavanyítjuk. A reakciós oldatot háromszor aetherrel kivonjuk, és az aetheres oldatot híg nátronlúggal átrázzuk. Az oldatot natriumsulfattal szárítjuk, az aethert ledesztilláljuk, és a visszamaradó terméket ligroinból kristályosítjuk át. Olvadáspont 30 C°.[1]

Az aldehyd jellemzése céljából még a p. nitrophenylhydrazontját is előállítottam.

0·5 g aldehydet 10 cm^3 50%-os ecetsavban oldunk, és 0·5 g p. nitrophenylhydrazin ecetsavas (10 cm^3 50%-os) oldatával elegyítjük. Rövid hevítés után a hydrazon kiállott, és további tisztítás céljából alkoholból kristályosítjuk át.

3·702 mg anyag adott: 0·40 cm^3 nitrogent (17 C°, 766 mm.)

A $C_{16}H_{17}N_3O_5$ képlet alapján a számított érték: $N=12{\cdot}69\%$.

Kísérletileg talált érték: $N=12{\cdot}57\%$.

Vörös tűkben kristályosodik, amelyek 198—199 C°-on olvadnak.

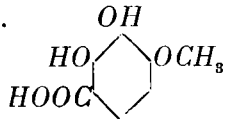
[1] Loc. cit.

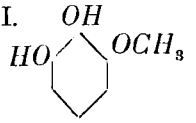
(A M. T. Akadémia III. osztályának 1936. május hó 14-én tartott üléséből.)

DIE SYNTHESE EINES NEUEN PYROGALLOLALDEHYDS.

Von F. MAUTHNER korr. Mitglied.

Von den Pyrogallol leiten sich mehrere für die Synthese von Pflanzenstoffen wichtige Aldehyde ab, wie Trimethylgallusaldehyd, Syringaaldehyd und Iridinaldehyd, über deren Darstellung ich früher[1] berichtete. In Fortsetzung dieser Arbeiten zog ich auch den noch unbekannten 2-Methylpyrogallolaldehyd in den Kreis der Untersuchung. Für die Synthese dieses Aldehyds benötigte ich den 1-Methylpyrogallolaether (II), welche Verbindung HERZIG und POLLAK[2] durch Erhitzen der durch Einwir-

I. 

II. 

kung von Diazomethan auf Pyrogallolcarbonsäuremethylester gewonnen, 4-Methylpyrogallolcarbonsäure (I) erhalten haben. Die zweite Bildungsweise dieses Körpers durch Methylierung des Pyrogallols mittelst Dimethylsulfat nach GRAEBE und HESS[3] ist für die Darstellung der Verbindung nicht geeignet, da es nicht gelingt nach dieser Vorschrift erhaltenen Aether zu krystallisieren wegen der dasselbe verunreinigende Isomere. Ich habe zunächst ein neues Verfahren zur Darstellung dieses Aethers ausgearbeitet, welches in der Erhitzung der 3-Methylgallussäure besteht, welche Verbindung in grosser Reinheit darstellbar ist nach dem Verfahren von BRADLEY, ROBINSON und SCHWARZENBACH.[4] Zu diesem Zwecke wurde Gallussäuremethylester mit

[1] Ber. 41, 920 (1908); Ann. Chem. 395, 273 (1913); Ann. Chem. 449, 102 (1926); Journ. für prakt. Chemie 119, 306 (1928); 142, 29 (1935).

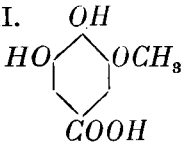
[2] Mon. 23, 707; 25, 506.

[3] Ann. Chem. 340, 236 (1905).

[4] Journ. Chem. Soc. 1930, 793.

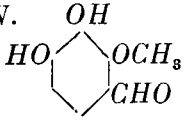
Benzophenonchlorid bei Gegenwart von Pyridin zum 3-oxy 4·5-diphenylmethylendioxybenzoesäuremethylester kondensiert. Diese Verbindung wurde mit Jodmethyl methyliert, die Diphenylmethylengruppe mit rauchender Salzsäure abgespalten, wobei gleichzeitig Verseifung der Carboxylgruppe erfolgt. Die so erhaltene 3-Methylgallussäure (III) ist von grosser Reinheit und bei dessen Erhitzen entsteht der 1-Methylpyrogallolaether (II). Dies ist das erste Verfahren zur Darstellung dieses Aethers,

III.

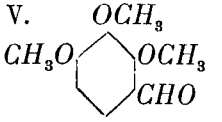


wobei keine Nebenprodukte bei der Methylierung des Ausgangsmaterials entstehen. Aus diesem Aether wurde nach der modifizierten GATTERMANN'schen Synthese mittelst Zinkcyanid und wasserfreiem Chlorwasserstoff der Aldehyd (IV) erhalten. Zur

IV.

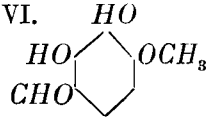


V.



Konstitutionsbestimmung wurde der Aldehyd in acetonischer Lösung mittels Jodmethyl bei Gegenwart von Kaliumcarbonat vollständig methyliert und lieferte den schon von BARGER und EWINS[2] dargestellten Trimethylpyrogallolaldehid (V). Durch diesen Versuch wird der Eintritt der Aldehydgruppe auf zwei Isomere (IV. und VI) beschränkt, wovon die Formel IV. wegen

VI.



der üblichen Eintritt der Aldehydgruppe in para Stellung zur freien Hydroxylgruppe die wahrscheinlichere ist.

[1] Journ. Chem. Soc. 97, 2258 (1910).

(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften vom 11. Mai 1936.)

TERRASZOK ÉS SZINTEK A DUNA JOBBPARTJÁN DUNAADONY ÉS MOHÁCS KÖZÖTT.

BULLA BÉLÁ-tól.

I.

Már az elmult években a Dunántúlon folytatott löszmorfológiai tanulmányaim elvezettek Tolna és Fejér vármegye keleti szegélyterületeire, a Dunavölgy ú. n. «magas partjai»-hoz és ezen a vidéken Érd, Százhalombatta, Adony és Paks környéke löszfeltárásainak tanulmányozása volt a kiindulópontja a magyarországi löszök és folyóterraszok tér- és időbeli párhuzamosítására és a Magyar medence pleisztocén és holocén fizikai földrajzi viszonyaira vonatkozó tanulmányaimnak.

Ezeknek a megfigyeléseknek eredményeként megállapítható volt, hogy hazai löszeink településében jól felismerhetők a hidegszáraz jégkorszakok jellemezte akkumulációs és a nedvesebbenyhébb interglaciális idők denudációs periódusai, mert az egyes löszkötegeket egymástól elválasztó vörösbarna vályogszalagok, az interglaciális denudációs felszínek, dús növényzettel borított erdőtalajok «B» szintjei a dunántúli löszökben regionális elterjedésűnek bizonyultak.

Hogy a löszök és folyóterraszok tér- és időbeli kapcsolatának tanulmányozása, tehát a magyar pleisztocén bizonyosfokú beosztása morfológiai alapon is lehetséges legyen, szükségesnek látszott a megfigyeléseket a Duna jobbpartján dél felé addig folytatni, ameddig csak lehetett, a trianoni országhatárig. Azért a jobbparton, mert ezen a területen van a lösz a legvastagabban és a legtípusosabban kifejlődve, másrészt, mert itt, az Alföld és a Dunántúl határán is terraszos völgyben folyik a Duna; valószínű-

nek látszott, hogy a löszöknek és a folyami terraszoknak *együttes* tanulmányozása a terraszok és löszök keletkezésének problémájába további bepillantást, esetleg részleteiben további újabb megállapításokat tesz lehetővé.

A megfigyelések elég érdekes eredményekkel jártak. Kiderült, hogy a két, vékony, felső vörösbarna vályogszalagot tartalmazó, ú. n. «fiatalabb lösz»[1] (ezt a két vékony talajzónát az utolsó interglaciális idővel, ill. az Ammersee-Bühlstádiummal gondolom azonosíthatónak) szinte kivétel nélkül mindenütt megtalálható a magas part löszében, helyenkint még a folyóvölgyben, a terraszon is (mohácsi terrasz), ellenben az alatta levő ú. n. «idősebb lösz» a feltárások hiánya miatt nehezen tanulmányozható. Kiderült aztán, és ez a körülmény a löszök és folyami terraszok időbeli párhuzamosítását igen megnehezíti, hogy az adony—mohácsi Dunaszakasz kialakulása részleteiben más módon történt, mint pl. a kisalföldi Dunaszakasz; természetes, hogy ennek eredményeként az adony—mohácsi Dunaszakasz morfológiája lényegesen különbözik a kisalföldi szakaszétól, mert bizonyára ugyanazon pleisztocén klíma mellett is a két terület egymástól különböző tektonikája eredményeként a két szakasz terraszainak kialakulásában érdekes és jelentős különbségek állapíthatók meg. Nem jellemzi ezt a 200 km hosszú völgyrészletet az idősebb pleisztocén terraszoknak olyan sorsa, mint azt Kéz Andor megfigyelései alapján[2] a kisalföldi Dunaszakaszról tudjuk; a terraszmorfológiai kutatások azt mutatják, hogy a völgy ilyen szempontból egyhangúbbnak, kevésbbé változatosnak nevezhető.

Megfigyeléseim a tanulmányozott kérdés természete szerint (löszök és terraszok együttes előfordulása) csak a Dunavölgy jobbparti részére vonatkoznak. A balparton csak ott gyüjtöttem megfigyeléseket, ahol azt a kutatás megkívánta (Solt és Baja környékén), egyebekben más kutatók megállapításaira[3] támaszkodtam.

---

[1] Bulla Béla dr.: A magyarországi löszök és folyóterraszok problémái. Földr. Közlemények. 1934.

[2] Kéz Andor dr.: A Duna győr—budapesti szakaszának kialakulásáról. Földrajzi Közlemények. 1934.

[3] Schilling Gábor dr.: Adalékok az Alföld földrajzához. Földrajzi Közlemények. 1931. — U. o. a balparti részre vonatkozó teljes irodalom.

A jobbpartot illetőleg szerencsésebb helyzetben voltam, mert a Dunavölgy dunántúli magas partjaival és terraszaival geográfus tudtommal részletesen nem foglalkozott (mindössze Szekszárd geográfiája címen jelent meg 1917-ben egy értekezés), geológusaink közül is csak Güll, Vogl, Toborffy és Kormos, továbbá Kadić dolgoztak a szakasz északi és középső részén.

A megfigyeléseket Dunaadony alatt kezdtem meg. Itt, a községtől délre, szalad ki a dunántúli pannoniai táblának egy hatalmas darabja, a Mezőföld, a Dunáig és arra kényszeríti a folyót, hogy futásának déli irányát Csepel sziget alsó végéhez egészen közel délkeleti irányúvá változtassa. Úgy látszott, hogy a lösszel vastagon borított tábla alámosott, meredek lejtője kedvező kiindulópontul kínálkozik lösz- és terraszmorfológiai megfigyelések számára.

II.

A Duna jobbparti terraszai Adony és Szekszárd között. Az I. (holocén) terrasz. Adonytól DNy-ra km-nyi széles területen, egészen a lösszel borított Mezőföld alámosott és számtalan helyen beréselt, eléggé meredek, 40 m magas kapaszkodójáig, mindenütt a Duna elhagyott mederdarabjaival behintett, lösztelen alluviális terraszon járunk. Ez a terrasz átlag 4—7 m magas a Duna tükre felett (adonyi vízmérce 0 pontja 93·39 m, a terrasz magassága 97, 98, 100 m a t. sz. f. Maga Adony is ezen a szinten települt. Már most megjegyezhetjük, hogy ez az alluviális völgyfenék egész munkaterületünk leghatalmasabb, legszélesebben kifejlődött terrasza. Ezt a szintet jelezzük I. sz. terrasznak. Adony alatt a Mezőföld közvetlenül a Duna partjáig ugrik előre. A folyó innentől kezdve kisebb megszakításokkal egészen Bölcskéig a magas fallal végződő táblaperem lábánál folyik, a peremet kanyarulataival annyira alámosva, hogy terraszokat ezen a szakaszon egyáltalán nem, vagy csak itt-ott foszlányosan kifejlődve lehet találni. A helyzet Rácalmás felett változik meg egy időre. A községtől É-ra ismét megtalálható az alluviális terrasz kb. 1·5 km hosszúságban és 250—300 m szélességben. Ezen túl csak keskeny szegély alakjában helyenkint lelhető fel. Így Kisapostag felett és alatt találjuk a terrasz keskeny foszlányait. A rácalmási sziget és a dunaföldvári erdővel borított

Felsősziget is ezt a szintet jelzik. Ezen a szigeten még pocsolyás, náddal szegett holtmederdarabok is láthatók.

Dunaföldvártól Bölcskéig mindenütt közvetlenül az alámosott, lösszel borított táblaperem tövében fut a folyó. Bölcskénél elhagyja a táblát hatalmas, keleti kanyarulattal. A folyókanyarulat félköríve és a táblaperem Bölcskétől Paksig a holocén terrasz nagy, ellipszisalakú darabját öleli körül. Az ártéri üledékekből felépített, helyenkint mocsaras, ingoványos terraszdarab több mint 10 km hosszúságban és 6—8 km szélességben terül el. Felszínét sűrűn barázdálják a Duna füzesekkel szegett holtmederdarabjai.

Paksnál a sebesfolyású Duna nyugati kanyarulattal ismét a löszborította rög lábához vágódik. Itt az I. sz. terrasz nem tudott kifejlődni; csak Paks-Újváros alatt szélesedik ki ismét. Eleinte zavaros a helyzet, mert Paks és Csámpapuszta között a Sárviz és Duna közötti, lösszel borított, de helyenkint, különösen a szélbarázdák völgyeléseiben napvilágra lépő pannoniai agyagos-homokos rétegek homokját a posztglaciális idők ÉNy-i szele ráhajtotta az alacsonyabb térszínekre is és a ma már kötött homok zegzugos vonulatai néhol még a holocén terrasz magasabb szegélyeire is rászaladtak. Csámpapuszta alatt, Dunaszentgyörgy táján az I. sz. terrasz hatalmasan kiszélesedik, mert méreteit a Sárvíz alluviuma is növeli. Ebből a fokokkal, erekkel és elhagyott holtágakkal borított térszínből szigetszerűen emelkednek ki idősebb terraszfelszínek. Végül Szekszárd felett a holocén terrasz elkeskenyedik, a Dunavölgy összébbszorul, mert a pannoniai tábla egyik féloldalasan megbillent röge messze előreugrik a Duna völgyébe.

A II. (posztglaciális, városi) terrasz. Az Adony—Paks közötti szakaszon, különösen északi felében, a magas partok közelsége miatt a Duna egyik régebbi völgyfenekének szintje, a városi terraszok egészen alárendelt szerepet játszanak. Ez a helyzet Paksig. Pakson alul már igen szépen fejlett és az alluviumból szigetszerűen kiemelkedő városi terraszdarabokat látunk. Csepelsziget déli végétől kezdve, ahol az adonyi magas partok dél felé fordulnak, az alluviumból mint keskeny pászta emelkedik ki egy magasabb, váltakozva települt finom fluviatilis homokból és agyagból felépített terrasz. Ez a terrasz a Duna felett 12—14 m magas, de helyenkint homokos lösz és a pliocén felszín szélbarázdáiból

kifujt homok 10—15 m-rel is megemeli. Minden bizonnyal városi terrasszal van dolgunk. Ezen a szinten települt Rácalmás és Dunapentele, sőt részben Kisapostag is. Ezentúl csak Dunaföldváron található meg ismét a II. sz. terrasz. Dunaföldvár mellett a helyzet igen tanulságos. A vastag lösszel borított mezőföldi tábla dunaföldvári röge a dunaföldvári Felsőöreghegy északi lábánál futó törésvonal mentén féloldalasan kibillent, kiemelkedett. A közel

1. kép. Régi Dunameder Dunaföldvár mellett a városi (II. sz.) terrasz szintjében. (Szerző felv.)

50 m magas fal közvetlenül a Duna partján emelkedik. A rögöt régi Dunaág szeli két darabra. Ez a régi Dunaág a városi terraszok szintjében van.

Amikor tehát a Duna a városi terraszok szintjében folyt, medréből szigetszerűen állott ki az akkor még csak «idősebb lösz»-szel borított dunaföldvári Alsóöreghegy, az utolsó interglaciális időben. Ezt a régi Dunamedret tektonikus vonal jelölte ki. Annak a szélbarázdának a folytatása, amelyikben Dunaföldvár felett a deflációs eredetű, mocsaras Felső tó foglal helyet és ÉNy-i irányban a Mezőföldön messze követhető. A régi mederben nincs jó feltárás, csak itt-ott bukkannak elő fluviatilis lerakodások, de igazi terraszkavicsot, néhány szem kvarckavicstól eltekintve, sehol sem

lehet találni. Kicsiny, jelentéktelen vizű ág lehetett itt, mert amikor a Duna a városi terrasz szintjébe bevágódni kényszerült, szinte nyomtalanul hagyta ott ezt az ágát. A holtágat aztán az ÉNy-i szél a régi szélbarázda mentén tovahurcolt anyagokkal (porral, homokkal) feltöltötte és kialakult a térszín mai képe. Ezen a homokkal és a magasabb részeken még lösszel is megemelt térszínen települt Dunaföldvár nagy része a Duna mai szintje felett 16—20—30 m magasan.

Dunaföldvártól délre csak a bölcske—paksi holocén terraszellipszisből emelkedik ki a városi terrasz néhány szigetszerű darabja. Ilyen városi terraszszigeten települt Madocsa. A településkutató előtt nem ismeretlen, hogy Madocsa a Duna szabályozása előtt árvíz idején a holocén terraszt elöntő Duna vízéből szigetként állt ki. A madocsai terraszsziget a legterjedelmesebb a II. sz. terrasznak itt található, valamennyi darabja között. 2—2·5 km hosszú és 1 km széles. Rajta kívül még három lealacsonyodott kis terraszsziget őrzi a városi terrasz szintjét. Szinte észrevétlenül emelkednek ki az ártérből 5—6 m magasra. Meglehetősen le vannak alacsonyodva, mert anyaguk laza, kevésbbé ellenállóképességű Dunahomok és iszapos-löszös anyag. Kavicsnak még a nyomát sem lehet rajtuk találni.

A Duna éles paksi kanyarulata alatt, Pakstól Szekszárdig a Duna mai medre és az alámosott magas partok között, az I. sz. terrasz hatalmasan kifejlett szintjéből kiemelkedve, részben az eredeti, lösszel borított pliocén felszín lejtőjének lábához hozzáforrva, majdnem mindenütt megtalálható a városi terrasz darabokra szakadozott felszíne. De a terrasz itt sem kavicsterrasz. Tanulmányozását megnehezíti a terraszszintre települt és így a terraszt helyenkint jelentősen megemelő lösz, illetőleg Paks alatt a szélbarázdákból kifújt homok; kevés a jó feltárás is. Mégis van ezen a szinten néhány agyaggödör (igaz, hogy némelyikben csak a terraszra települt ázott löszt fejtik) és ezekben az agyaggödrökben lehetséges volt a terraszt felépítő anyagok egymásutánjának a megállapítása. Legalul kékesszürke folyami agyag, felette Dunahomok, majd eléggé morzsalékos, de szalagosan elhelyezkedő, fakószínű, löszhöz nagyon hasonló homokos agyag és iszap, benne sok, apró, löszbabára emlékeztető konkrécióval, végül legfelül be-

zárja a sorozatot az ázott lösz. Az ázott lösz elég tetemes vastagságú (1·5—2 m). Kavicsot, mint már jeleztem is, a II. sz. terraszon a legszorgosabb kutatás ellenére sem találtam sehol. Nem lehet más magyarázata a dolognak, mint az, hogy a Duna, amikor a városi terraszok szintjét töltögette, majd ebben a szintben folyt, igen kevés durva törmeléket hordott magával s mivel ezen a szakaszon alsószakaszjellegű volt (Fajszig ma is az), kavicsát már sokkal feljebb, az Alföld északnyugati öblözetében lerakta. Tény, hogy esése ma Ercsi és Mohács között 170 km-es úton 12 m, tehát km-kint csak 7·6 cm.

A városi terraszok Pakstól Mözsig, illetőleg Sióagárdig megszakítás nélkül követhetők kb. 25 km hosszúságban és átlag 4—5 km szélességben. A Duna régi kanyarulatai mentén helyenkint hatalmas beöblösödések nyomulnak a terrasz testébe. Ilyen módon a holocén terraszba messze előreugró, félszigetszerű városi terraszfokok keletkeztek. Ilyen terraszfélszigeten települt Dunaszetgyörgy (100 m a t. sz. f.), Fadd (96 m), Tolna (101 m), Mözs (103 m) a Duna szintje felett 10—14 m magasan. A terrasz felszíne nem egyenletes, mert a paksi rög féloldalasan kibillent, ÉNy-ról DK-re dőlő táblája fokozatosan símul bele a terrasz felszínébe és így az itt vékony lösszel borított pannoniai tábla tektonikus eredetű szélbarázdáinak kifújt anyagát az ÉNy-i szél a posztglaciális időkben messze behordta a terraszra. Különösen Tolnától és Mözstől ÉNy-ra, Apátipuszta és a Fácánkert felett borítja vastagon a maradékgerincek (Apáti homokdombok) és garmadák homokja a terraszt. Máshol (Mözstől Ny-ra) lösz emeli meg a terraszt 6—10 m-rel is. Ennek a terrasznak a felszínébe vágódott bele a Kapos és a Sárvíz is. Közös alluviális völgyfenekük így két részre osztotta az eredetileg egységes II. sz. terraszt. Az egyik darab Medina és Harc között a kiemelt pannoniai rög alámosott lábához támaszkodik és 7—8 m-es lejtővel ereszkedik a Sió—Kapos—Sárvíz alluviumára, a másik darab Szekszárd felett a Duna és a Sárvíz közös alluviumából kiemelkedve Sióagárdtól egészen Paksujvárosig egyetlen, összefüggő szint.

III.

A Duna jobbparti terraszai Szekszárd és Mohács között. I. sz. (holocén) terrasz. Ott, ahol a féloldalasan gyengén kiemelt, ÉNy-ról DK felé dőlő mezőföldi tábla szélbarázdákkal árkolt felszíne a Duna II. terraszába belesimul, a Sárvíz —Sió— Kapos és a Völgységi patak egyesülése alatt, nyúlakodik bele a Duna völgyébe a merev kelet-nyugati törésvonal mentén szintén féloldalasan kiemelt szekszárd—bátai pannóniai rög.[3] A rög keleti oldala egészen Bátáig merev, É—D irányú törésvonal mentén futó, meredek, alámosott perem. A perem és a Duna között mind az I., mind pedig a II. sz. terrasz Szekszárdtól Bátáig végig megtalálható.

A holocén (I. sz.) terrasz Szekszárd környékén részben összeolvad a régi Sárvíz alluviumával. A szabályozás előtt a vízi világnak beláthatatlan labirintusa lehetett itt, különösen árvizek idején. Ma már csak a tolnai holt Dunaágban és a sárközi Kisdunában van állandóan víz, mert a Duna vízét a helyenkint mesterséges, keleti főmederbe kényszerítette a szabályozás. Fokok, erek, laposok, holtágak bőven vannak, de eredeti formájukból kivetkőztetve. Legtöbbjük víztelen mélyedés; a régi ártér szántóföld, a vizek hajdani világát eke barázdálja.

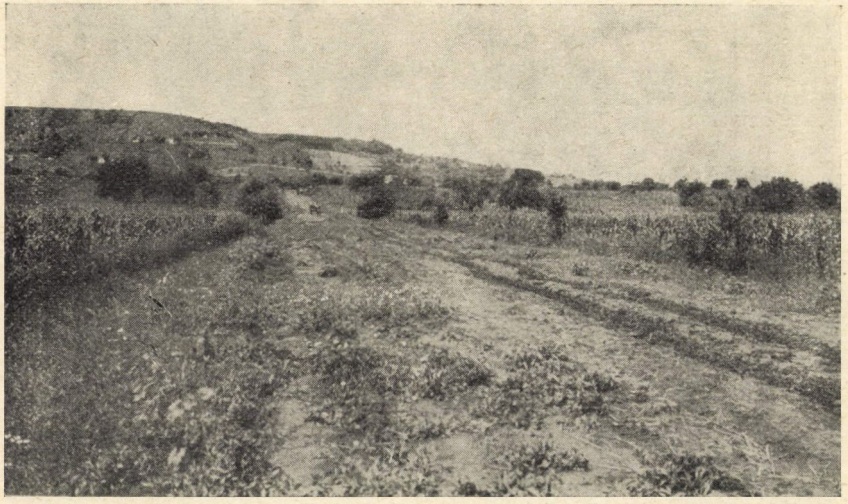
Bátán alul a Duna a rög törésvonal megszabta délkeleti lába tövében fut. Gyengén alsószakaszjellegű. Ártere, a holocén terrasz természetszerűen a főág balpartján tudott kifejlődni (Mohácsi sziget, bajakörnyéki ártér). Csak a Cselepatak torkolatán alul, Mohács közvetlen szomszédságában szélesedik ki ismét hatalmasan a holocénterrasz. Anyaga szinte megtévesztésig hasonlít a löszhöz! Fakó, a lösznél valamivel világosabb színű, kevésbbé porózus, kiszáradt finom ártéri üledék, rétegezettsége csak nagy tömegben és nedves állapotában figyelhető meg jól. A terraszt hatalmas galériaerdő borítja. Túl a trianoni határon, Izsép felett, a horsztszerű kis Vörösmarti-hegységre támaszkodó lösztábla Dunáig nyúló pereme mentén ér véget.

---

[3] Ennek a rögnek nincs külön neve az irodalomban. Lehetne Völgységi rögnek nevezni a tolnamegyei Völgység nevű tájról, de ez az elnevezés nem fedné teljesen ennek a rögnek a terjedelmét, mert a rög pereme messze délen, Mohács felett zárja le ezt a nyugtalan reliefű dombvidéket.

EGYETEMI KÖNYVTÁR FÖLDTANI SZEGED

A II. sz. (városi) terrasz. Szekszárd környékén és a Sárközben az erek, fokok, laposok, holtágak kúsza halmazából itt-ott kis kerek földhalmok, máshol hosszú, padszerűen elnyúló, magasabb földhátak emelkednek ki. Anyaguk laza dunahomok és szürke-, meg fakószínű iszap és szinte sehol sem hiányzik róluk a lösz. KADIĆ [4] ezt a magasabb térszínt borító löszt egész tömegében átmosott, áttelepített lösznek tartja. Bizonyos, hogy a szekszárd-környéki dombok lösztakarójába bevágódott patakok temérdek



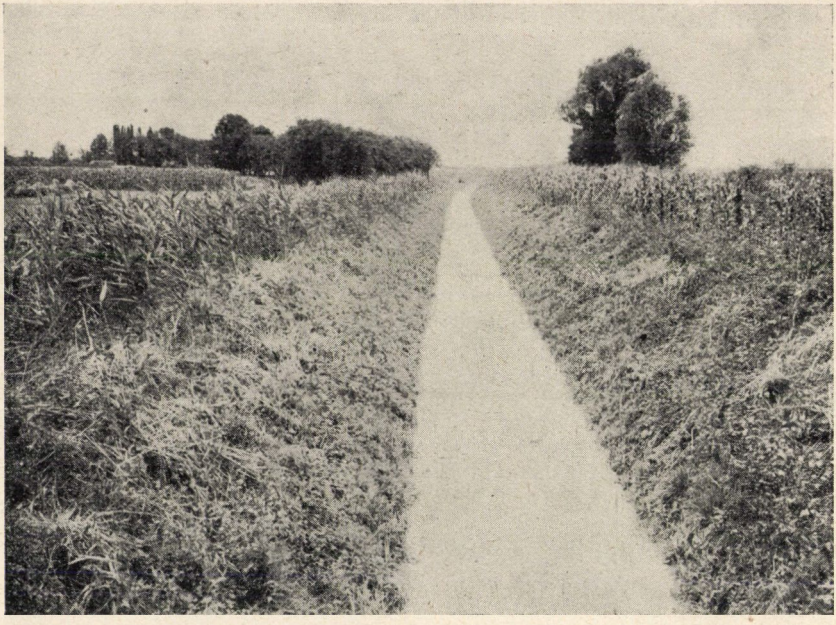
2. kép. A Duna városi (II. sz.) terrasza a rög keleti pereme és a Sárvíz alluviuma között Szekszárd alatt. (Szerző felv.)

löszanyagot hordtak és hordanak is ki az ártérre, el is teregették rajta, ahol csak lehetett, de éppen ezekre a magasabb térszínekre ebből az áttelepített löszanyagból igen kevés kerülhetett. Ez a lösz tehát nagyjából elsődleges településhelyen fekvő, ázott lösz. Tömege az utolsó jégkorszak idején rakódott le a Duna árterére a völgy utolsó glaciális feltöltődésével egyidejűleg, hiszen ez a holocén-terrasz szintjéből kiemelkedő, magasabb térszín a lösszel gyengén megemelt II. sz. (városi) terrasz.

[4] KADIĆ OTTOKÁR dr.: Szekszárd, Tevel és Bonyhád vidékének földtani viszonyai. Földtani Intézet Évi Jelentése 1923.

Az eredetileg összefüggő, nagykiterjedésű terraszt a Duna, a a Sárvíz és a Bátapatak nagyon megrongyolták, darabokra szaggatták. Nagyobb, összefüggő darab maradt meg belőle Szekszárd és Várdomb között a rög keleti pereme és a Sárvíz ártere között.

A városi terraszon települt Szekszárd is (10—12 m magasan a Duna felett), Várdomb is (10 m magasan a Duna szintje felett).



3. kép. A decs—öcsényi terraszsziget (városi) pereme. Előtérben a Sárvíz-csatorna.

A szekszárd—várdombi terrasztól elválasztva az I. sz. terrasz szintjéből szigetszerűen áll ki a szekszárdi vágóhíd dombja. Kicsiny városi terraszsziget. Az új Sárvíz-csatorna és a keserűsi országút között még két foltban található meg az ártérövezte, erősen lealacsonyodott városi terrasz Józsefpuszta környékén. A városi terrasz szintjét jelöli a Sárközben Öcsény mellett a Bátamezeje és a Kerecseny-sziget is, de ugyancsak a hajdani, nagykiterjedésű városi terrasz szigetszerű, lealacsonyodott darabjait jelzik a Sár-

közben gyakori görönd, görönde elnevezésű zugok is. (Babosgörönde pl.) A városi terrasz szintjét jelöli ki a decs—öcsényi lapos földhát is. Rajta települt Decs és Öcsény, a Sárköz két jelentős helye, a Duna szintje felett 8, illetőleg 9 m magasan. Dél felé ez a terrasz fokozatosan alacsonyodik, alig 4—5 m magasra emelkedik ki az I. sz. terrasz szintje fölé; rajta települt Bátaszék (8 m magasan a Duna 0 pontja felett) és Alsónyék (9 m magasan a Duna 0 pontja felett). Bátaszéken alul a városi terrasz belesímul az ártérbe és csak Báta alatt található meg újra. Mint keskeny pászta húzódik Dunaszekcsőtől Mohácsig, a Csele-patak torkolatáig. A Csele-patak torkolatán alul tetemesen kiszélesedik a városi terrasz. A szekszárd—bátai D.-felé dőlő rög alámosott, keleti lejtője és az I. sz. terrasz között átlag 6—8 km szélességben húzódik D.-felé, míg a szintén féloldalasan kiemelt Vörösmartihorsztot el nem éri. A zömök, széles, nagyjából szabálytalan háromszögalakú terrasz meredek peremmel esik le a Duna árterére. Mohács alatt félszigetszerűen nyomul a Dunavölgybe. Ezen a terraszfélszigeten települt Kölked. A terrasz felszínét 6—7 m vastagságot is elérő lösztakaró borítja.

A mohácsi városi terrasz anyagát jól lehet tanulmányozni a mohácsi Rosenthal és Roheim téglagyárak agyaggödreiben és a terrasz meredek, alámosott dunaparti peremén. A feltárt terrasz a mohácsi vízmérce 0 pontja fölé kb. 14—15 m magasra emelkedik, felépítése a következő:

a) legalul kékesszürke, zsíros-szappanos agyag, helyenkint kissé homokos, vastagsága 3—4 m,

b) felette vízszintesen rétegezett, váltakozva települt Dunaiszap és homok apró, márgás konkréciókkal, 2 m vastag,

c) rá néhány deciméter vastag finom Dunahomok települ,

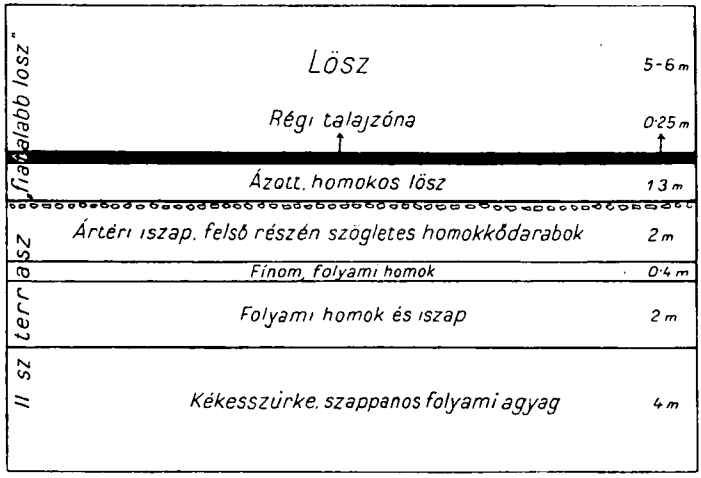
d) a Dunahomok felett ártéri iszap következik (löszhöz nagyon hasonló), felső részén durva szögletes homokkődarabokkal, az egész komplexum vastagsága 2 m,

e) felül rá ázott lösz települt, felső része vörösszínű, régi talajzóna (1·5 m vastag),

f) a terraszt kb. 5—6 m vastag homokos lösz takarja, belőle mammutfog, helix és succinea került elő (l. 4. kép).

Leszámítva a terraszt megemelő löszt, a tulajdonképpeni

terrasz magassága a Duna 0 pontja felett 8—9 m. Szinte szórólszóra ugyanilyen terraszfeltárást figyelhetünk meg a Csele-patak torkolata közelében és Mohácstól délre a temető alsó végén, ahol a városi terrasz meredek peremmel esik le a holocén terraszra.



4. kép. A mohácsi terrasz felépítése.

Egyáltalán nem látszik tisztázottnak a mohácsi terraszfeltárásban a durva, szögletes, lemezdarabszerűen összetördelt homokkő jelenléte. Bizonyos, hogy nem Dunahordalék. Hiszen csak egyetlen keskeny pásztában figyelhető meg a Duna partján, a téglagyár és az állomás között néhányszáz méteres szakaszon. Bizonyára szárazföldi eredetű, esővízmozgatta maradéktakaró, tehát másodlagos fekvőhelyen van. Az «idősebb lösz»-ben található «vízkő»-nek nevezett homokkőpad összetört darabjait a dombvidékről lefutó záporpatakok hurcolták a terraszra.

Adony és Mohács között a Duna völgyében az eddigiekben ismertetett I. sz. (holocén) és II. sz. (városi) terraszon kívül idősebb folyami terraszok sehol sem mutathatók ki. Sehol sincs nyomuk a fellegvári terraszoknak és esetleges stadiális terraszoknak sem. Azonban már itt meg kell említenünk azokat a helyenkint fellépő és a Duna völgyét kísérő, nem folyami eredetű, hanem tektonikus mozgásokkal kapcsolatos, normális lepusztulás eredményezte szin-

teket, amelyek a féloldalasan kibillent, löszborította pannóniai rögöknek DK-i irányban dőlő, a Duna völgye felé meredek, alámosott peremmel végződő lejtőjén figyelhetők meg. Ezeknek a szinteknek az eredete a legszorosabb kapcsolatban van a Duna völgyét Adonytól Mohácsig megszakítás nélkül végigkísérő meredek, magas löszfal és a lösz alatt rejtőző pannóniai rögök tektonikájával és morfológiájával.

IV.

A terraszok eredete és morfológiája. Az I. sz. (holocén, alluviális) terrasz a Duna mai árterülete. Átlagosan 3—6 m magasra emelkedik a Duna tükre fölé. (Adonynál 5 m, Dunapentelénél 5 m, Dunaföldvárnál 7 m, itt futóhomok van rajta, Paks felett 4 m, Paks alatt 6 m, Bátaszék mellett 4—5 m, Mohácsnál 3—5 m magas.)

Ismerve a posztglaciális klimatikus változások sorrendjét Középeurópában, kétségtelen, hogy ennek a legfiatalabb Dunaterrasznak a kialakulása csak a posztglaciális klimatikus (melegszáraz) sztyep idejét követő, Európaszerte kimutatott klímarosszabbodás idején (bükk-korszak) kezdődött, sőt nagyon valószínű, hogy a Duna bevágódása az Alföld déli felében kimutatott, egészen fiatal kéregmozgásokkal kapcsolatban ma is folyamatban van. A kérdésnek különben földrajzi fontossága nincs.

Ez az I. sz. terrasz a Dunavölgy Duna—Tisza közti részén jóval fejlettebb, mint a jobbparton. Munkaterületünkön csak a bölcske—paksi terraszellipszis, a Szekszárdtól Bátáig terjedő Sárköz és a Mohács alatti, galériaerdővel borított ártér képviselik ennek a szintnek tájképformáló darabjait. Azonban ezeknek a teraszterületeknek a méretei is messze elmaradnak a balparti ártér — a Csepelsziget derekától kezdve délre a Drávatorkolatig 25—30 km szélességben, de mindvégig összefüggően kifejlődött — I. sz. terraszának méreteitől. Természetes is ez. A Dunavölgy közvetlen szomszédságában fekvő, sőt a völgyet nyugatról lezáró pannoniai táblarögök nagyon kevés teret engedtek a Dunának kanyarulatai fejlesztésére. Így aztán, jóllehet, az oldalerózió ma is erős, *csak ott találhatók az alluviális terrasznak nagyobb kiterjedésű darabjai, ahol a táblarögök közé beiktatott kis, periferikus alföldi öblözetek lehetővé tették a Duna völgyszélesítő tevékenységét.*

Ez a helyzet mindjárt a paks—bölcskei terraszellipszis esetében. Itt a Duna, úgy látszik, már a városi terraszok szintjében is közvetlenül a dunántúli táblaperem lábánál folyt, de ezen a mellékágon kívül természetesen megvolt a mai főmedre is. Az utolsó jégkorszak alsószakaszjellegű Dunájának a főágát a táblaperem tövében folyó mellékággal a fokoknak és ereknek még nyomaiban ma is látható kusza hálózata kötötte össze. Elég a keleti főág kedvezőbb mederviszonyait feltételeznünk és már megfelelő magyarázatát találjuk, hogy a nyugati ág lassan sorvadásnak indul. A városi terrasz szintjébe még mindkét ág bevágódik, de a nyugati ág ekkor már egészen jelentéktelen; kevés vizet szállít, sőt lefűződése a posztglaciális klimatikus sztyep idején be is következik, a terraszsziget megszűnt sziget lenni. Víz a sekély, ingoványos nyugati ágba már csak árvíz idején kerül, de ekkor sem annyira a Dunából, mint inkább a pannoniai tábla záporpatakjaiból. A tengődésnek a Dunaszabályozás teljesen végét veti; ma már csak a furcsa «Hüllő» dűlőnév, a tavasszal felfakadó vadvizek és a régi medret itt-ott kijelölő fűzfasorok utalnak a régi vízi világra.

Az I. sz. terrasz második, nagy, összefüggő darabja Faddtól Bátáig éppen úgy, mint a madocsai terrasz is, periférikus alföldi öblözetben, a szekszárd—bátai rög és a Duna között levő süllyedékben foglal helyet. Déli része Szekszárd és Báta között a külön, részletes tanulmányozást feltétlenül megérdemlő *Sárköz*. A terrasz nagy részét galériaerdő borítja. Ezek az erdőborította terraszrészletek (a terrasz legalacsonyabb, parti pásztái) legnagyobbrészt mocsarasak; a Sárköz kivétel, ez majdnem teljes egészében mezőgazdasági művelés alá fogott terület.

A terrasz felszínének reliefje, már a térszín keletkezésének természete miatt is, gyenge. Morfológiai érdekessége csak a mikroreliefnek van. Ér, fok, lapos, holtág kusza szövevénye borítja a térszínt. Az árvízgátakon kívül fekvő terraszrészleteket a földművelés teljesen kiforgatta eredeti formájukból.

A legváltozatosabb a Sárköz, a legegyhangúbb a mohácsi alluviális terrasz. Ez a nagy terület teljes egészében galériaerdővel borított, csak az irtásokon nedves rét.

A II. sz. (városi) terrasz maradványai a holocén terrasszal szemben sokkal kisebb kiterjedésűek. A városi terrasz felkavicsoló-

dása, helyesebben munkaterületünkön feltöltődése az utolsó jégkorszak folyamán történt. A folyóvölgyön kívül a feltöltődéssel egyidőben képződött a kettős, vörös talajzónával egy keskenyebb és egy vastagabb kötegre tagolt «fiatalabb lösz»[5] képződése. Ezzel a fiatalabb platólösszel equivalens a városi terraszon (Szekszárd, Mohács) képződött típusos és ázott lösz. Ez a lösz a szekszárd-paksi szakaszon a városi terraszt borító homok miatt nehezen tanulmányozható, alább a szedszárd-bátai szakasz igen lealacsonyodott és kisrészben áttelepített löszanyaggal borított városi terraszszigetei csak igen keveset árulnak el a rajtuk «in situ» képződött löszről; sokkal jobban tanulmányozható a terraszt megemelő lösz a mohácsi terraszon. A terraszfeltárást ábrázoló szelvényből is kitűnik, hogy itt a terraszt 3—6 m vastag lösz emeli meg.

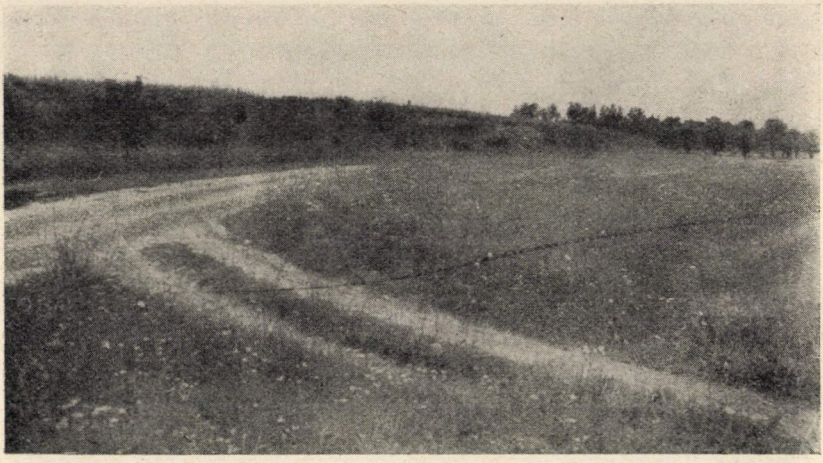
Az utolsó glaciális időből származó völgyfeltöltődést a finiés a posztglaciálisban völgyszélesbítés és bevágódás követte. Éspedig völgyszélesbítés a finiglaciális időben (jégtakarók olvadása megkezdődik) és völgybevágódás a jégtakarók olvadása idején (a preboreális és az utána következő időben). A posztoglaciális klimatikus sztyep idején már meg kellett lenniök a városi terraszoknak, különben nem boríthatná a városi terraszok felszínét, illetőleg a terraszokat megemelő löszt is, az ebből az időből származó futóhomok. Mert éppen a vázolt terraszfejlődés körülményei és a terraszt borító lösz és homok igazolják, hogy a Magyar medencében a finiglaciális időben még képződik a lösz, mert úgy látszik, a löszképződés klimatikus feltételei (hideg-száraz klíma) még adva voltak. Ezért olyan tekintélyes vastagságú aránylag a «fiatalabb lösz», mert képződése az utolsó jégkorszak elejétől a finiglaciális idő végéig folytonos.

A városi terraszok kiterjedése, mivel ez a szint mindenütt közvetlenül a dunántúli rögök lábához van forrva, azt igazolja, hogy a keletről nyugat felé erodáló Duna árvízei az utolsó glaciális korban már a völgyét nyugatról beszegő magas partokat mosták alá, sőt egyes ágai közvetlenül a rögök tövében folytak, főmedre és nagyobb ágai azonban a főmeder mai helyétől még 7—10 km-rel keletebbre, a Duna—Tisza közén 25—30 km szélességben kimosott

[5] Bulla Béla dr.: Id. m.

alluviális terrasz tengelyvonalában helyezkedtek el. Ezt a tényt a katonai térképlapok is nagyon világosan mutatják.

A városi terrasz szintjében folyó Duna egy ága vágta le a Solti halmot Dunaföldvár mellett a pannóniai rög testéről. Ugyanebben az időben folyta még körül a Duna a dunaföldvári Alsó-Öreghegyet is. A Soltihalom magassága a duna—tiszaközi posztglaciális futóhomokszint magasságával egyezik, lösze az utolsó jégkorszak «fiatalabb lösz»-e. Ezt a löszt borítja a posztglaciális



5. kép. A mohácsi terrasz alámosott pereme. (Szerző felv.)

futóhomok; vagyis a Solti halom a legfiatalabb alföldi akkumulációs szintnek, a posztglaciális futóhomokszintnek a «tanuhegy»-e.

Délebbre a szekszárd-bátai szakaszon az alluviális ártérből szigetszerűen kiemelkedő városi terraszdarabok elhelyezkedése, formája azt igazolja, hogy ezek a terraszdarabok eleinte összefüggtek egy szintben és csak a fokozatosan nyugatra nyomuló Duna rombolta el és szabdalta fel ezt a terraszszintet. Ezért nem találjuk meg a városi terraszt a mai Duna balpartján, sem a Duna közvetlen szomszédságában. A Duna nyugat felé nyomulása ma is tart. Végig az egész adony—mohácsi szakaszon mindenhol a jobbpart van alámosva. Kitűnően tanulmányozható a Duna pusztító oldaleróziója a mohácsi terrasz peremén Mohács felett, a Csele-

patak torkolata közelében. 20 év alatt a lösszel fedett városi terraszból a Duna 10 holdnyi területet rombolt el, amint ezt BRANDT EDE dr. mohácsi múzeumigazgató szíves közléséből tudom. A régi katonai térkép a Dunavölgynek ezen a szakaszán már teljesen elavult állapotokat tűntet fel.

A városi terrasz felszíne, a tetejüket borító futóhomokfelhalmozódással megemelt részletek kivételével, igen egyenletes. Esése zavartalanul követi a Duna esését. Magassága a Duna szintje felett Dunaföldvárnál 13 m, Dunaszentgyörgynél 11 m, Tolnánál 12 m, Mözsnél 11 m, Szekszárdnál 11 m, Öcsénynél 10 m, Decsnél 9 m, Alsónyéknél és Bátaszéknél 8 m (lepusztult felszín!), Mohácsnál 8—9 m.

V.

Az adony– mohácsi «magas part» morfológiája. Feltűnő munkaterületünkön az idősebb pleisztocén terraszok hiánya. Hiányzanak a fellegvári terraszok és nincsenek meg ezen a szakaszon a Kisalföldön KÉZ kimutatta, közbülső 30 m-es terraszok sem. Ezeknek a terraszoknak a hiányát teljesen megnyugtatóan a budapest—adonyi Dunaszakasz tanulmányozatlan volta és a délmagyarországi Dunaszakasz pontos ismerete nélkül megindokolni ma még bajos lenne. Esetleg a meglevő idősebb terraszokat a Duna oldaleróziója rombolta el, hiszen a Duna—Tiszaköz nyugati felében a Duna a pleisztocén vége óta 25—30 km széles alluviális árteret szélesített, de az is lehetséges, hogy az említett terraszok hiányában az Alföld fiatal tektonikus mozgásainak is szerepük van.

Tény, hogy a Dunavölgyet nyugaton a lösszel borított pliocéntábla meredek, alámosott pereme zárja le. Adonytól egészen a Sió—Kapos—Sárvíz és a Völgységi patak összefolyásáig a Mezőföld pereme a Dunavölgy határa, Szekszárdtól Mohácsig pedig a szekszárd—bátai féloldalasan kiemelt rög löszfala. Ennek a két szakasznak a morfológiája bizonyos tekintetben különböző. A különbözőségek egyrészt a két rög tektonikájának eltérő voltára vezethetők vissza, másrészt a Duna oldaleróziójának a hatása sem volt és ma sem egyenlő mértékű a két táblarög tövében.

A két rögöt tektonikájukban gyökerező morfológiai különbözőségük miatt CHOLNOKY is, PRINZ is szigorúan elkülöníti egymástól.

Mindkét rög határvonalait a Dunántúl jellemző, rácsosrendszerű törésvonalai szabják meg, de a Mezőföld egységét a törések kevésbbé zavarták meg, mint a szekszárd-bátai rögét. Ez a rög a törésvonalak mentén féloldalasan ki van emelve, azonkívül még lépcsősen is erősen össze van darabolva.

A Dunavölgyét határoló mezőföldi táblaperem kétségtelenül röglépcső. A peremtől keletre a pannoniai rétegek mélyen el vannak süllyedve. Ezt a tektonikus vonalat követi a Duna is. A Mezőföldet a törésvonalak két rögre bontják. Az ÉÉNy—DDk irányú móri törésvonal Paksig követhető folytatása és a Sárvíz völgye között van a maximálisan 170—210 m magas paksi rög, a móri töréstől Ék-re a dunapentelei rög; ennek északnyugati határa a vastag lösztakaró miatt bizonytalan.

Féloldalasan van kiemelve a szekszárd—bátai rög legészakibb, a Sió—Kapos—Sárvíz és Völgységi patak futásával jelzett törésvonalakkal határolt darabja is. Ennek a peremét a Sió—Kapos egyesült árvizei mosták alá.

A táblarögök féloldalas kibillenése, CHOLNOKY tanítása nyomán tudjuk, a somogy—tolnai halomvidékre igen jellemző. A kiemelt rögök ÉNy-ról DK felé lejtenek, tehát úgy sorakoznak egymás mellett és mögött, mint a háztető cserepei.

A kis Vörösmarti ősmagot nem számítva, DK-en a legutolsó féloldalasan kiemelt, délkelet felé lejtő, összedarabolt táblarög a szekszárd—bátai. Az északnyugati határán futó törésvonalat a Jaba, Koppány, Kapos irányával megegyező irányú patakok (Határárok, Vadvíz patak) jelzik, délkeleti, keleti és északkeleti határa szintén tektonikus vonal. A nagy rög sakktáblaszerűen apró rögökre van darabolva. A hosszanti törések irányát a löszbe vágódott szélbarázdák igen világosan mutatják. A hosszanti törésvonalakat keresztező haránttörések mentén a rög lépcsősen leszakadozott. Ezek a lösszel fedett röglépcsők különösen jól figyelhetők meg a rög délkeleti pereme felett a mohácsi terraszról. A Csele-patak torkolatán és Lánycsók falun keresztül húzható vonallal párhuzamosan három lösztakarta röglépcsőt figyeltem meg és jártam be. Legszembeötlőbb a legalsó, átlagosan 124—136 m magas a t. sz. f., tehát a Duna tükre felett 40—50 m magasan futó szint. Első pillanatra nagyon hasonlít folyami terraszhoz; de

mégsem terrasz, mert 1. a szintek nem követik a Duna esését, 2. teljesen löszből vannak, 3. folyami lerakódásnak rajtuk nyoma sincs, 4. csak ott jelentkeznek, ahol a lépcsősen lezökkent darabok futása párhuzamos a rög peremével, de teljesen hiányzanak a rög keleti peremén, mert itt a rög határát jelző peremtörésvonal merőleges a haránttörésekre. Bizonyos tehát, hogy ezek a szintek tektonikus eredetű lépcsők. Úgy látszik, mivel a lépcsők meredekségét

6. kép. Lösszel borított röglépcső a mohácsi terrasz felett. (Szerző felv.)

a lösztakaró csak alig enyhíti, hogy kialakulásuk még a pleisztocénban is folyamatban volt, és velük együtt mozgott a rögöt borító lösz is.

A pliocén táblát mindenütt, de különösen a szekszárd—bátai rögöt és völgyeléseit igen vastag lösz takarja. A lösz a pliocénban összetöredezett, erősen denudált, nyugtalan levantei felszínen halmozódott fel, enyhítve az eredeti formákat, csökkentve a térszín reliefenergiáját. Kivétel a Mezőföld, mert ennek összetöredezettsége, pliocén árkolásokkal keletkezett domborzata már a lösz-

képződés előtt is sokkal nyugodtabb felszínt eredményezett, mint amilyen a szekszárd—bátai rögé volt. A lösztakaró formakiegyenlítő, az eredeti felszínt eltakaró hatása annál is inkább nagy, mert vastagsága Csonkamagyarország területén éppen ezen a vidéken a legnagyobb (25—35 m).

Így aztán a dunajobbparti magas fal formáinak ismerete, figyelembe véve a rögök tektonikáját, tulajdonképpen a lösz speciális morfológiája, mert a röglépcső lejtője mindenütt kivétel nélkül löszlejtő.

Lejtőszakaszok. A Mezőföld táblája folyami terraszhoz megtévesztésig hasonló tereplépcsővel végződik a Duna völgye felé. Mégis a térszín formái és magasságviszonyai minden kétséget kizáróan mutatják, hogy nem folyami terrasszal, hanem röglépcsővel van dolgunk. Különben is sem a táblát keresztülvagdosó és a táblaperemet beréselő patakvölgyek és szélbarázdák fenekén, sem a platón a lösz alatt semmiféle Dunahordalék sem található. A táblát a móri törés Paksig követhető folytatása derékban metszi ketté. A tábla felszínének lejtésviszonyai arra engednek következtetni, hogy a törésvonal mentén a két tábladarab kibillent eredeti fekvéséből. Az északi rögdarab (dunapentelei) ÉNy-ról igen enyhén lejt DK-felé, tehát a táblaperem magassága É-ról D-felé fokozatosan csökken (Adony körül 160 m, Dunapentele mellett 150—156 m, Kisapostag mellett 120—128 m, Dunaföldvár környékén 108—110 m). A déli (paksi) rögdarab szélbarázdákkal árkolt, homokgerincekkel borított felszíne a Dunával ellentett lejtésű. Átlag 150—160 m magas, Paks mellett 182—190 m. A Duna színe fölé 45—55 m-re emelkedik, Paks mellett a 75 m-t is eléri. A táblaperem löszfalában a lösz lepusztulásának kisformái jól tanulmányozhatók.

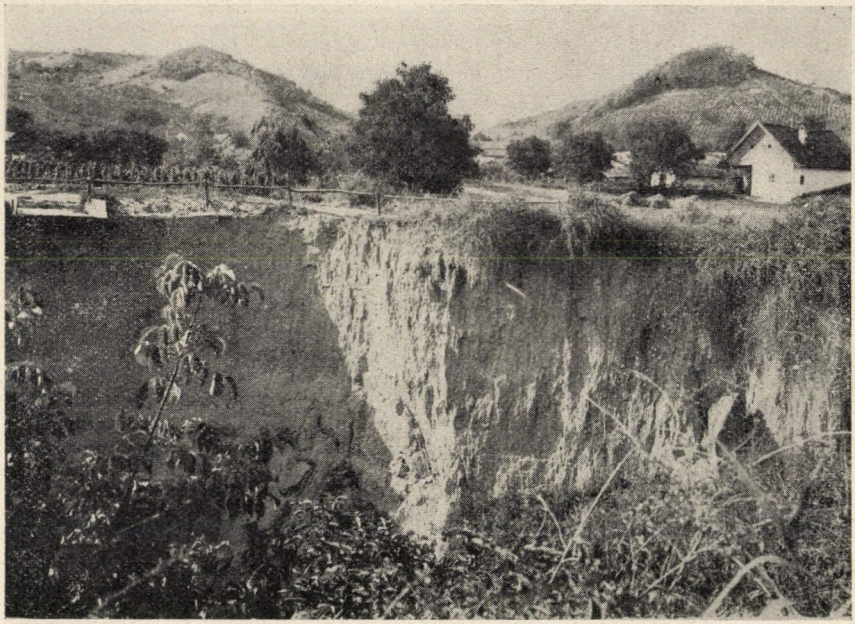
Az egész mezőföldi táblaperem öt lejtőszakaszra tagolható a lepusztulás ideje és fokozata alapján: *a)* az adony—dunapentelei lejtőszakaszon meredekfalú, de nem függőleges löszlejtők teljesen alámosott, függőleges lejtőrészekkel váltakoznak. Dunapenteléig a táblaperem aljában keskeny pászta alakjában megmaradt városi terrasz védelmezi a táblaperemet a Duna jelenkori oldaleróziójával szemben. A lejtő eléggé szakadozott, de általában normálisnak nevezhető. A Duna oldalerózijának csak akkor volt

kitéve, amikor a Duna a városi terrasz szintjében folyt; azóta a lejtő meredeksége lényegesen megenyhült. *b)* Dunapentelétől Bölcskéig a Duna közvetlenül a táblaperem tövében folyik, kanyarulataival állandóan a jobbpartot támadja, ezért itt a tábla lejtője meredek, juvenilis, pusztuló löszlejtő. *c)* a Bölcske—Paks közötti szakaszon a táblaperemet az óholocénban mosta alá a folyó. A lejtők helyenkint még igen meredekek, különösen ott, ahol a táblaperemről lefutó csapadékvizek a löszben löszkutakat és víznyelőszerű kürtőket vájtak (Kömlőd környékén, Haramjás-hegyen). Általában azonban a lösz az elég gyors vályogosodás következtében és a Duna oldaleróziójától megszabadulva eléggé menedékes, normális lejtővel áll meg, ezért kelti a táblaperem terrasz benyomását. *d)* Paks mellett a Duna közvetlenül a löszfal tövében folyik. A lejtő meredek, juvenilis a lösz sajátságos, típusos lepusztulásformáival. *e)* Paks és Sióagárd között a Duna oldaleróziója a városi terraszt támadja, tehát ezen a lejtőszakaszon a Mezőföld normális lejtővel símul bele a városi terrasz felszínébe. A lejtő semmi érdekességet sem mutat, annál élénkebb a tábla reliefje. A szélbarázdákból kifujt homok igen nagy formaváltozatossággal helyezkedik el a tábla felszínén és a városi terraszon. Ez a homokos-löszös, szélbarázdákkal tagolt felszín Ny-felé a Sió—Kapos völgyéig tart. Itt, a Sió—Kapos jobbpartján a dunamenti magas part tökéletes hasonmását találjuk meg a szekszárd—bátai rög legészakibb, féloldalasan kibillent darabjának keleti peremén; csakhogy ezt a röglépcsőt Sárszentlőrinc és Szekszárd között nem a Duna oldaleróziója támadta, hanem a Sió—Kapos árvizei mosták alá.

A tulajdonképpeni dunamenti magas part ismét a Sió—Kapos—Sárvíz és Völgységi patak összefolyásánál, Szekszárd felett kezdődik. A 25—30 m vastag lösszel borított, minden oldalról törésekkel határolt szekszárd—bátai rög ÉNy-ról DK-re fokozatosan alacsonyodva, szubszekvens oldalvölgyekkel erősen beréselve, meredek peremmel esik le a Duna völgyére. Ez a ritka szép szabályossággal kifejlődött röglépcső messze délre, egészen a Vörösmartihegységig követhető a Duna partján. Itt aztán Bán, Kisfalud és Dályok környékén szelíd lejtővel símul bele a városi terrasz felszínébe.

A rög peremét kétségtelenül tektonikus vonal szabja meg. Ez a vonal választja el a dunántúli táblarögöket az alföldi akkumulációs síkságtól, azonban a perem lejtőjének jelenlegi formái a tektonikus és eróziós erők közös hatásának eredménye.

A lejtők morfológiája alapján a peremlépcső három lejtőszakaszra tagolható. *a)* A szekszárd—bátai szakaszon a röglépcső



7. kép. A Paraszti völgy (szubszekvens) löszszakadéka Szekszárd felett. (Szerző felv.)

normális lejtővel végződik a Duna völgye felé. Utoljára a városi terrasz szintjében folyó Duna és Sárvíz oldaleróziója mosta alá. Azóta a lejtő elveszítette juvenilis jellegét és az oldalpatakok összeszabdalták. Ma korai maturus állapotban levő, épülő normális lejtő, rajta a löszre jellemző lepusztulásformák (kút, mélyút, szakadékok, löszcirkusz) nem tudnak kifejlődni, mert a lejtő gazdag növényzettel borított, szépen művelt terület, a lösz erősen vályogosodott.

b) Báta és a Csele-patak torkolata között a Duna közvetlenül a rög tövében folyik. Ez a lejtőszakasz közvetlenül ki van téve a folyó oldaleróziójának, tehát pusztuló, juvenilis lejtő típusos kisformákkal, temérdek löszcirkusszal, mélyúttal, löszkúttal és függőleges fallal. Különösen Dunaszekcső környéke igen tanulságos.

8. kép. Pusztuló, alámosott löszlejtő Dunaszekcső közelében. (Szerző felv.)

c) A Csele-patak torkolatán alul a röglépcső a szekszárd—bátai szakasznak megtévesztő hasonmása. A fokozatosan alacsonyodó rög épülő, normális lejtővel esik le a városi terraszra. Ennek a szintjében folyva erodálta a Duna ezt a tektonikus lépcsőt. Ma a Duna a városi terrasz peremét mossa alá és ez az alámosott terraszperem a röglépcsővel együtt simul bele a Vörösmarti hegységnek támaszkodó lösztáblába.

VI.

A magas part felépítése; a lösz- és terraszképződés tér- és időbeli kapcsolatai. Mind a terraszokat, mind pedig a magas partot is jellemzi a feltárások hiánya. Az okot az egész Dunavölgy szépen művelt voltában, gazdag növénytakarójában kell keresnünk. Különösen kevés a feltárás a röglépcső normális lejtőszakaszain. Csak a mellékvölgyek és a záporpatakok beréselései tájékoztatnak a perem felépítéséről. Lényegesen jobban tanulmányozható a röglépcső pereme azokon a lejtőszakaszokon, ahol a Duna ma a rög tövében folyik. Ezeken a helyeken a meredek löszpartokat a Duna oldalerózióját igen szépen feltárta. Mert éppen ezek a feltárások mutatják, hogy a dunajobbparti magas fal szinte kizárólag löszből van felépítve. Kadić, Toborffy, Vogl[6] megfigyelései nyomán tudjuk, hogy a rögök belsejében, a völgyek alján még itt-ott felszínre bukkannak a pannoniai rétegek, de minél inkább közeledünk a Dunához, annál inkább ritkulnak a pannoniai előfordulások; sőt a környékbeli kutak fúrásszelvényei adatainak bizonysága szerint a pannoniai rétegek itt, a Dunántúl szélén már elég tekintélyes mélységre vannak süllyedve.

Dunaföldvár mikrotektonikusan feldarabolt környékén, az Alsó- és Felsőöreghegy dunaparti, meredek lejtőjén az egész pleisztocén fel van tárva. A 35—40 m magas, alámosott, függőleges löszfal a következő felépítésű. A Duna szintjében (kis vízálláskor) pados homokkő található. Ez az a bizonyos «vízkő», a pleisztocén bázisa. Kövületmentes. Felette sárgásszürke agyag pleisztocén faunával (helix, pupa, nerinea). Az agyag felett folyami homok következik humuszos sávokkal (agyag homok együtt 3 m vastag), a folyóhomokot a felette levő 5 m vastag homokos lösztől keskeny homokkőpad választja el. A homokkőpad felett igen sok löszbaba talál-

---

[6] Kadić Ottokár dr.: Szekszárd, Tevel és Bonyhád vidékének földtani viszonyai. Földtani Intézet Évi Jelentései 1923.

Toborffy Géza dr.: Jelentés az 1921—23. években Tolna megye területén végzett részletes geológiai felvételről. Földtani Intézet Évi Jelentése 1923.

Vogl Viktor dr.: Adatok Dunaföldvár környékének földtani ismeretéhez. Földtani Intézet Évi Jelentése 1923.

ható. A homokos löszt felül 1 m vastag, vörösbarna fosszilis talajzóna zárja le. Kövületmentes. Felette eleinte homokos, majd típusosabbá váló 7—8 m vastag lösz következik. Felette 0·75—1·5 m veres talajzóna, alján kilúgzásszinttel. Erre az alulról számított második talajzónára 8—10 m vastag típusos lösz települ. Felette újra régi talajzóna következik, éspedig az Alsóöreghegy partfalában, az új Dunahíd mellett jól láthatóan megkettőzve. A kettős talajszalag felett ismét lösz következik, felszínén recens talajzónával.

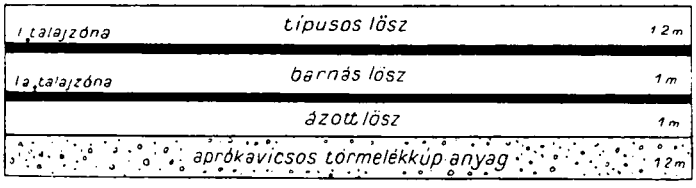
Feltűnő ennek a feltárásnak a hasonlatossága, sőt egyezése a paksival.[7] De ez természetes. Éppen az egész mezőföldi perem felépítésének egyező volta igazolja azt a feltevésünket, hogy a löszök vörösbarna talajzónái nem lokális, hanem regionális elterjedésűek hazai löszeinkben és klímaváltozásokkal kapcsolatba hozható (interglaciális és interstadiális) képződmények. Szelvényünk tanúsága szerint a pleisztocén elejét nem jellemzi löszképződés, hanem a nedvesebb preglaciális klímának megfelelően folyami homok és egyéb édesvízi bazális képződmény vezeti be a pleisztocénüledékképződést. Az ezekre települt homokos ázott lösz jelzi a glaciális klíma uralomrajutását; végül a veresbarna talajzónákkal megosztott löszkötegek a glaciális (akkumulációs), a talajzónák az interglaciális (denudációs) időket jelentik.

Amilyen szépen tanulmányozható a pleisztocén rétegsorozat a Mezőföld peremén, annál kevésbbé mondható ez el a magas partról Szekszárd és Mohács között. A szekszárd—bátai rögöt erős törések érték, magasan ki van féloldalasan emelve. A nyugtalan felszínen képződött lösz igen egyenetlen kifejlődésű. Hozzá még a biztos tájékozódást a löszben suvadások és rogyások nehezítik. A megkettőzött talajzónával megosztott «fiatalabb lösz» hol a magas part tetején, hol pedig a völgyek alján található meg és a következtetések levonása azért is nehéz, mert nagyon kevés a jó feltárás. A szekszárdi szőlőhegyek szubszekvens mellékvölgyeiben a patakok és aszók kivétel nélkül löszszakadékokban folynak. A Tót-völgyben, Csatári-völgyben és a Paraszti-völgyben ezek a löszszakadékok jól megfigyelhetők. Sok a szép löszkút, löszmélyút. Általában a

[7] L. Bulla id. m. a paksi löszfeltárás szelvénye.

lösz itt igen formagazdag. Az Előhegy és a Battyánhegy között, egy löszmélyútban a «fiatalabb lösz» szépen tanulmányozható. A felső talajszalag 30—40 cm, a második az elsőtől 1—1·5 m távolságban 20—25 cm vastag. Mindkét talajzóna alján fakó kilúgzásszint van.

Igen tanulságos a lajvéri törmelékkúp- és löszfeltárás. Lajvér Bátaszéktől nyugatra, a magas part tövében, a katonai térképen Wildgraben-nek nevezett patak nyílásában, a lösszel fedett városi terraszon fekszik. A patak a völgynyílásban a városi terraszra törmelékkúpot rakott le (aprószemű kvarckavics és homok). Ez a törmelékkúp akkor képződött, amikor a Duna és a Sárvíz a városi (II. sz.) terrasz szintjében folyt, tehát a terrasszal egykorú. A tör-



9. kép. A lajvéri törmelékkúp- és löszfeltárás szelvénye.

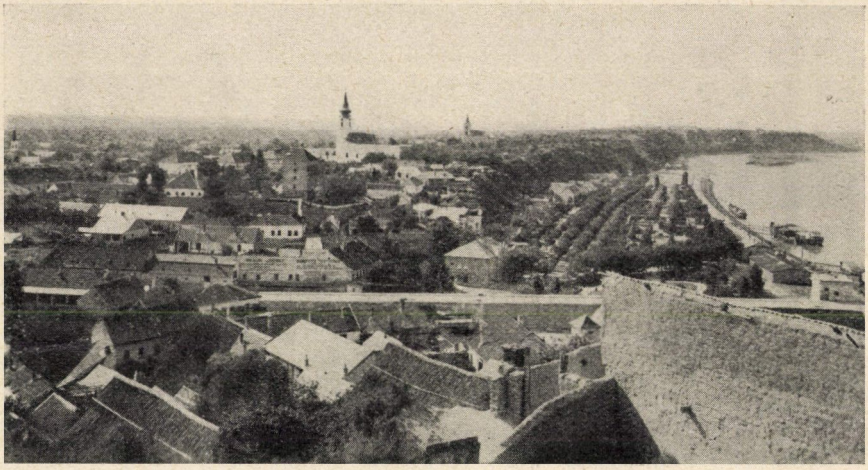
melékkúpra rátelepült a kettős talajzónával megosztott, fiatalabb lösz. A törmelékkúp aprókavicsos anyaga felett ázott lösz, ennek tetején hullámos, a régi denudált felszínnek megfelelő talajzóna van. A talajzónát a felette levő második talajzónától barnás, nem típusos lösz választja el. A felső talajszalag felett típusos lösz következik, tetején vékony recens talajjal.

Ugyanez a helyzet a Kövesdi patak nyílásában is, Lajvértől délre. Kétségtelen tehát, hogy a lajvéri és kövesdi törmelékkúpok terraszszintet jelölnek ki, éspedig a lajvéri és kövesdi patakok városi terraszát. Ezt a szintet emeli meg az itt 6—7 m vastag fiatalabb lösz, mutatva, hogy a fiatalabb lösz a finiglaciális időkben még képződött, közvetlenül megelőzve a Duna posztglaciális bevágódását, tehát a városi terrasz felkavicsolódásával egy időben. Az alámosott, lösszel borított törmelékkúpok terraszszerű benyomást keltenek, mert a patakok is bevágódtak, követve a Dunát, törmelékkúpjukba és a városi terraszba.

A városi terraszra települt fiatalabb löszt kitűnő feltárásban figyelhetjük meg a mohácsi terraszon (l. fentebb). Itt a 8—9 m vastag terraszüledéksorozaton 5—7 m vastag lösz képződött. Felső része típusos, alsó része ázott lösz; ez még az árvízjárta térszínen képződött. A típusos löszből succinea, helix és mammutfog került elő. A kétféle löszt egymástól vörös talajzóna választja el. Nincs megkettőzve. Nyilvánvaló, hogy az utolsó jégkorszak fiatalabb löszével van dolgunk. Equivalens a Duna utolsó jégkorszaki alsószakaszjellegével.

Mindezekből az ismertetett feltárásokból az a következtetés vonható le, hogy az utolsó jégkorszakból származó fiatalabb lösz a Dunavölgy jobbpartján mindenütt megtalálható, éspedig nemcsak a magas part felépítésében, hanem a városi terraszon is, tehát a városi terrasz kialakulásával és képződésével a fiatalabb lösz képződése nagyon jól párhuzamosítható. Már a paksi és a dunaföldvári feltárásokban megfigyelt és leírt, két vastagabb talajzónával megosztott «idősebb lösz»-nek az idősebb folyami terraszokkal való összeegyeztetése egyelőre még megoldhatatlan feladat, mert megvan ugyan az idősebb lösz, de hiányoznak a városi terrasznál idősebb dunaterraszok. Ha a terraszok klimatikus eredetűek, felkavicsolódásuk a jégkorszakokban, kialakulásuk az interglaciális időkben, illetőleg a posztglaciális időben történt. Bizonyos, hogy az egyes lőszkötegek képződése a glaciális korokban ment végbe, míg a vörösszínű talajzónák az interglaciális és interstadiális idők klímaváltozásait és megnövekedett eróziós tevékenységet jelentenek. A két folyamat — löszképződés és a folyóvölgyek felkavicsolódása, illetőleg a lösz vályogosodása és a folyók bevágódása — tér- és időbeli összehangolása dunavölgyi megfigyeléseim alapján csak az utolsó interglaciálisban, az utolsó glaciálisban és a posztglaciális időben lehetséges. A fiatalabb lösz felső, kettős talajzónája között levő barnás, nem típusos lösz az utolsó jégkori löszképződés megzavart voltát jelzi. Ez a barnás lösz a Würm első előnyomulásfázisa idején képződött, a Duna utolsó pleisztocén felkavicsolódásának a kezdetekor (moustérien-kultúra), a barnás lösz feletti talajzóna visszahúzódásfázist jelent. A Würm második előnyomulásfázisának a fiatalabb lösz felső, típusos része felel meg (a Duna alsó szakaszjellege a legerősebb, aurignacien-, solutréen-,

magdalénien-kultúra). A finiglaciális időkben a Duna már a völgyét szélesíti, de a lösz még képződik. A posztglaciális klimatikus sztyep idején a Duna már mélyen bevágódott a városi terrasz szintje alá, tehát a városi terrasznak már meg kellett lennie, különben nem boríthatná a terrasz felszínét vastagon a posztglaciális futóhomok.[8]



10. kép. A dunaföldvári löszpartok. (Szerző felv.)

VII.

Eredmények. A kutatáseredményeket összegezve röviden a következőket mondhatjuk:

1. A Duna Adony és Mohács között terraszos völgyben folyik;

---

[8] Meg kell említenünk, hogy a magyarországi pleisztocén korbeosztására az alföldi pleisztocén mélyfúrások anyagának felhasználásával igen biztató lehetőségek állanak rendelkezésre. Scherf alföldi felsőpleisztocén kutatásai (Alföldünk pleisztocén és holocén rétegeinek geológiai és morfológiai viszonyai és ezeknek összefüggése a talajalakulással, különösen a sziktalajképződéssel. M. kir. Földtani Intézet Évi Jelentése az 1925—1928. évekre. Budapest, 1935) a dunántúli felsőpleisztocén lösz- és terraszképződés párhuzamosításának fentebb vázolt eredményeivel teljes megegyezést mutatnak. Remény van rá, hogy az idősebb lösz és idősebb folyóterraszok tér- és időbeli kapcsolatainak a kiderítése is hamarosan a megoldott kérdések sorába fog tartozni.

azonban csak posztglaciális (II. sz. v. városi terrasz) terrasza és holocén terrasza van. Az a tény, hogy a Duna poligenetikus folyó, tehát az útjába eső medencéket egymásután, sorjában csapolta le, nem indokolja meg ezen a területen idősebb pleisztocén terraszok hiányát, mert az eddigi kutatáseredmények alapján biztosan tudjuk (l. SCHERF id. m.), hogy az Alföld a pleisztocénban nem volt lefolyástalan medence.

2. Idősebb pleisztocén terraszok hiányának két oka lehet. A terraszok mindenesetre megvoltak, de vagy el vannak süllyedve (egészen fiatal alföldi tektonikus mozgások!), vagy esetleg a Duna oldaleróziója rombolhatta el az idősebb terraszokat, mert az kétségtelen, hogy a pleisztocénban ágakra bomlott Duna jelenlegi medrét a dunántúli rögök tövében fokozatos nyugatra nyomulásával csak a pleisztocén végén és a posztglaciális időben alakította ki.

3. A dunajobbparti «magas fal» keletkezését, formáit, lejtőszakaszainak kialakulását tektonikus és eróziós hatások szerepének feltétlen elismerése mellett is a lösz speciális lepusztulásmódjával kell magyaráznunk.

4. A magas part és a városi terrasz fiatalabb lösze képződésének és a városi terrasz képződésének tér- és időbeli párhuzamosítása morfológiai alapon, morfológiai kutatásmódszerrel is kifogástalanul elvégezhető.

Irodalom.

1. BULLA BÉLA: A magyarországi löszök és folyóterraszok problémái Földrajzi Közlemények. Budapest, 1934.

2. KADIĆ OTTOKÁR: Szekszárd, Tevel és Bonyhád vidékének földtani viszonyai. Földtani Intézet Évi Jelentése az 1917—23. évekről. Budapest, 1925.

3. KÉZ ANDOR: A Duna győr—budapesti szakaszának kialakulásáról. Földrajzi Közlemények 1934.

4. SCHERF EMIL: Alföldünk pleisztocén és holocén rétegeinek geológiai és morfológiai viszonyai és ezeknek összefüggése a talajalakulással, különösen a sziktalajképződéssel. Földtani Intézet Évi Jelentése az 1925—28. évekre. Budapest, 1935.

5. SCHILLING GÁBOR: Adalékok az Alföld földrajzához. Földrajzi Közlemények 1931.

6. TOBORFFY GÉZA: Jelentés az 1921—23. években Tolna megye

területén végzett, részletes geológiai felvételről. Földtani Intézet Évi Jelentése az 1917—23. évekre. Budapest, 1925.

7. Vogl Viktor: Adatok Dunaföldvár környékének földtani ismeretéhez. Földtani Intézet Évi Jelentése az 1917—23. évekre. Budapest, 1925.

*

Bulla Béla: Morfológiai megfigyelések magyarországi löszös területeken. Földrajzi Közlemények 1933.

Cholnoky Jenő: Az Alföld felszíne. Földrajzi Közlemények 1910. XXXVIII. k.

Cholnoky Jenő: Alföldünk morfológiai problémái. Földrajzi Közlemények 1928. LVI. k.

Halaváts Gyula: Az Alföld Duna—Tisza közötti részének földtani viszonyai. Földtani Intézet Évkönyve 1895. XI. k.

Kessler, Paul: Das eiszeitliche Klima und seine Wirkung im nicht vereisten Gebiet. Stuttgart, 1925.

Kormos Tivadar: A Dunántúl keleti részének pleisztocénkori puhatestű faunája. A Balaton Tud. Tan. Eredm. Paleont. Függ. IV. k.

Prinz Gyula: Magyarország földrajza. Danubia kiadás. Pécs, 1926.

Soergel, W.: Lösse, Eiszeiten, paläolithische Kulturen. Jena, 1919.

Woldstedt, Paul: Das Eiszeitalter. Stuttgart, 1929.

(A M. T. Akadémia III. osztályának 1936. május 11-én tartott üléséből.)

TERRASSEN UND NIVEAUS AM RECHTEN DONAUUFER ZWISCHEN DUNAADONY UND MOHÁCS.

Von BÉLA BULLA.

Verfasser hat im Laufe seiner terrassen- und lössmorphologischen Forschungen im Grenzgebiet der transdanubischen zerbrochenen und lössbedeckten Tertiärtafellandschaft, sowie der ebenfalls löss- und flugsandbedeckten, jungen Aufschüttungsebene des Alfölds, im Donautal, zwischen Dunaadony und Mohács morphologische Untersuchungen ausgeführt.

Als Forschungsergebnis könnte festgestellt werden:

1. Zwar hat das Tal der Donau zwischen Adony und Mohács Terrassen aufzuweisen, jedoch wird diese Flusstrecke nicht durch eine Terrassenserie gekennzeichnet, wie dies z. B. im Kleinen Alföld der Fall ist (drei pleistozäne Terrasse). In dem obengenannten Abschnitt ist im Donautal bloss die postglaziale Terrasse («Städteterrasse»), sowie die holozäne Terrasse vorhanden. Die Tatsache, dass die Donau ein polygenetischer Strom ist, dass sie also die in ihrem Stromsystem eingeschalteten Becken der Reihe nach abzapfte, kann nicht als Grund für das Fehlen älterer Terrassen im erwähnten Gebiet angeführt werden, da man auf Grund der bisherigen Forschungsergebnisse sicher behaupten darf, dass das ungarische Tiefland (Alföld) im Pleistozän kein abflussloses Becken war, ja gar nicht sein konnte.

2. Das Fehlen der älteren pleistozänen Terrassen lässt zwei Erklärungsmöglichkeiten zu. Die Terrassen waren jedenfalls vorhanden, aber — und diese Annahme scheint der Wahrheit am nächsten zu stehen — sie haben entweder eine nicht unbeträchtliche

Senkung erfahren (ganz junge tektonische Senkungen sind aus dem Gebiete des Alfölds nicht unbekannt!), oder sie sind der Seitenerosion der Donau zum Opfer gefallen. Es steht nämlich ausser Zweifel, dass der im Pleistozän stark verzweigte Donaustrom sein Bett, das heute am Fusse der transdanubischen Schollen verläuft, durch allmähliches Westwärtsdrängen erst gegen Ende des Pleistozäns und in postglazialer Zeit bilden konnte.

3. Die Entstehung der den Donaustrom begleitenden, hohen Lösswand, sowie die Formen derselben und die Entstehung der Gehängeabschnitte kann — auch bei unbedingter Zulassung von Einwirkungen tektonischer und erosiver Art — nur in der speziellen Art der Abtragung des Lösses eine befriedigende Erklärung finden.

4. Die räumliche und zeitliche Parallelisierung der vom Verfasser für Ungarn nachgewiesenen und zeitlich mit der jüngsten Vereisung zusammenfallenden Bildung des «jüngeren Lösses», sowie die Aufschotterung der postglazialen (Städte-) Terrasse kann auf morphologischer Basis. vermittelst morphologischer Forschungsmethoden einwandfrei durchgeführt werden.

(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften vom 11. Mai 1936.)

A NEWCASTLE-I BETEGSÉG RAGÁLYANYAGÁNAK TULAJDONSÁGAIRÓL.

MANNINGER REZSŐ l. tagtól.

Néhány évvel ezelőtt kísérletekről számoltam be, melyeket a szűrhető ragályanyagok pluralitásának vizsgálata során a klasszikus baromfipestis és a DOYLE[1] és PICARD[2] leírta betegség (newcastle-i betegség, pseudofowlpest) ragályanyagának immunobiológiai tulajdonságainak tisztázása céljából végeztem.[3] E kísérletek során sikerült mindenekelőtt a newcastle-i betegség ragályanyagának kórnemző képességét egy fogás segítségével úgy megváltoztatnom, hogy immár az általa előidézett betegség klinikai és kórbonctani szempontból miben sem különbözött a klasszikus baromfipestistől, nevezetesen pedig a különben aránylag hosszú lappangási idő után jelentkező és aránylag lassú lefolyású bántalom rövid lappangási idő után megnyilvánuló rohamos lefolyású kórképpé alakult át. Azonfelül az így átalakított ragályanyaggal és a klasszikus baromfipestis ragályanyagával magas fokra immunizálva nehány állatot, kimutattam, hogy immunitásuk a mennyileges viszonyok szigorú szemmeltartásával egyképen érvényesül mind a két ragályanyagféleséggel szemben.

DOYLE[4] és nagyjában hasonló érvekre hivatkozva PICARD[5] is állást foglalt e kísérleti megállapításokkal szemben. DOYLE észre-

---

[1] Journ. of comp. Pathology, 1927. **40.** 144.
[2] Vet. Bull. No 65, Dpt. of Agricult., Dutch East-India, 1927.
[3] Matem. és Természettud. Ért., 1932. **49.** 51.
[4] Journ. of comp. Pathology, 1935. **48.** 1.
[5] Zentralblatt f. Bakteriologie, I. Orig., 1934. **132.** 440.

vételei a következőkben foglalhatók össze: 1. Nem vizsgáltam a galambok fogékonyságát a newcastle-i ragályanyag iránt. Ha ezt tettem volna, észre kellett volna vennem, hogy a galambok, ellentétben nagyfokú ellenállóképességükkel a baromfipestis ragályanyagával szemben, feltűnően fogékonyak a newcastle-i ragályanyag iránt. 2. Megelégedtem immunizált állatok vizsgálatával a ragályanyagok immunobiologiai tulajdonságainak megállapítását illetőleg. Ki kellett volna terjeszkednem immunizáló vérsavók vizsgálatára is, kémlőcsőben végzett ú. n. közömbösítési kísérletek útján és 3. hivatkozik arra, hogy ő maga, megismételve a kórnemzőhatás fokozására irányuló kísérleteimet, nem tudta megerősíteni abbeli megállapításomat, hogy állatpassage-ok során a vérnedv ragályozó képessége fokozódik.

DOYLE észrevételei újabb kísérletek végrehajtására késztettek, melyek eredményét van szerencsém a következőkben ismertetni.

1. A baromfipestis és a newcastle-i betegség ragályanyagának galambokra gyakorolt hatásával idézett közleményemben nem foglalkoztam, mert ez állatfaj igen különbözőképpen viselkedik a klasszikus baromfipestis ragályanyagával szemben is, úgyhogy esetleges eltéréseket a galambok fogékonyságában adott esetben nem tarthatok kielégítőnek többféle ragályanyag felvételére. Amikor annak idején DOYLE szíves volt a newcastle-i betegség ragályanyagát rendelkezésemre bocsátani, ennek ellenére megvizsgáltam a galambokra gyakorolt hatását is, és egyezően DOYLE tapasztalataival magam is megállapítottam, hogy a galambok fogékonyak lehetnek a ragályanyag megbetegítő hatása iránt. Az 1930. év december és az 1931. év január és február havában 13 galambot fertőztem úgy, hogy galambból galambba ojtottam át a ragályanyagot. A galambok közül 12 meg is betegedett és a fertőzéstől számított 4—13 nap alatt görcsök, illetőleg bénulásos jelenségek kifejlődése után el is pusztult, a 13. galamb beojtása után azonban a sorozat megszakadt. Az időközben tyukok testében életben tartott ragályanyagot DOYLE újabb cikkének megjelenése után, 1935. novemberében újból megvizsgáltuk a galambra gyakorolt hatására, e kísérletek során azután kiderült, hogy a 12 galamb közül, melyet a tyukra nézve halálos adag 10,000—100,000-szeres mennyiségével fertőztünk, egyetlenegy sem betegedett meg. Ebből következik, hogy a newcastle-i be-

tegség ragályanyagának a galambra gyakorolt hatása időnként más és más, és ennélfogva a galambkísérlet eredménye, szemben DOYLE felfogásával, csakugyan nem használható fel a baromfipestis és a newcastle-i betegség ragályanyagának megkülönböztetésére.

2. Noha az aktive immunizált állatok viselkedésének vizsgálata a ragályanyagokkal szemben, a mennyileges viszonyok figyelemmel-

I. táblázat.

Tyúk száma	Immunizáló vérsavó....ellen	Ragályanyag	Halálos adagok száma	Eredmény
308	baromfipestis	baromfipestis	100,000	elhullott 4 nap alatt
309	«	«	100,000	« 3 « «
310	«	«	10,000	« 4 « «
311	«	«	10,000	« 7 « «
312	«	«	1,000	« 5 « «
313	«	«	1,000	« 5 « «
314	«	«	2	életben maradt
315	«	«	2	« «
316	«	«	1	« «
317	«	«	1	« «
318	baromfipestis	newcastlei	100,000	elhullott 6 nap alatt
319	«	«	100,000	« 5 « «
320	«	«	10,000	« 7 « «
321	«	«	10,000	« 5 « «
322	«	«	1,000	életben maradt
323	«	«	1,000	elhullott 7 nap alatt
324	«	«	2	életben maradt
325	«	«	2	« «
326	«	«	1	« «
327	«	«	1	« «
328	—	baromfipestis	2	elhullott 36 óra alatt
329	—	«	1	« 36 « «
330	—	newcastlei	2	elhullott 36 óra alatt
331	—	«	1	« 48 « «

tartásával, nézetem szerint van legalább is olyan megbizható eljárás az immunobiológiai viselkedésük megállapítására, mint a közömbösítési kísérlet, mégis DOYLE érvelésére való tekintettel a klasszikus baromfipestis és a newcastle-i betegség ragályanyagával magas fokra immunizált egy-egy lúd vérsavóját (1—1 cm^3-nyi mennyiségben) összekevertük kémlőcsőben külön-külön a baromfipestis és a newcastle-i betegség ragályanyagának meghatározott számú halálos adagjával és a keverékeket 2 óra hosszat tartó állás után fogékony kísérleti tyúkokba ojtottuk. A kisérlet eredményét az I. és II. sz. táblázat tünteti fel. Kiderül e kísérletből, hogy a kétféle vérsavó a

II. táblázat.

Tyúk száma	Immunizáló vérsavó....ellen	Ragályanyag	Halálos adagok száma	Eredmény
332	newcastlei	baromfipestis	100,000	elhullott 3 nap alatt
333	«	«	100,000	« 2 « «
334	«	«	10,000	« 5 « «
335	«	«	10,000	« 5 « «
336	«	«	1,000	« 4 « «
337	«	«	1,000	« 7 « «
338	«	«	2	életben maradt
339	«	«	2	« «
340	«	«	1	« «
341	«	«	1	« «
342	newcastlei	newcastlei	100,000	elhullott 7 nap alatt
343	«	«	100,000	« 7 « «
344	«	«	10,000	« 5 « «
345	«	«	10,000	« 8 « «
346	«	«	1,000	« 6 « «
347	«	«	1,000	« 5 « «
348	«	«	2	életben maradt
349	«	«	2	« «
350	«	«	1	« «
351	«	«	1	« «

kétféle ragályanyagféleséget egészen egyforma mértékben közömbösítette, ami újólag azt igazolja, hogy a kétféle ragályanyag immunobiológiai szempontból azonos.

3. DOYLE abbeli megállapításával szemben, hogy neki nem sikerült állatpassage-zsal a newcastle-i ragályanyag töménységét a vérnedvben fokoznia és ezzel a klasszikus baromfipestis kórképét előidéznie, az a megjegyzésem, hogy ő nem úgy hajtotta végre kísérleteit, mint jómagam. Fentebb idézett közleményemben ugyanis világosan megírtam, hogy a ragályanyag töménységének és azzal a vérnedv ragályozóképességének fokozása állatpassage útján akkor sikerül, ha a betegség legkezdetén, a lázassá válás megindultával azonnal átviszünk vért egy további állatba. Erre azért van szükség, mert a betegség előbbre haladt szakában a ragályanyag fokozatosan eltűnik a vérből és legfeljebb egyes szervekben marad meg csak nagyon kevéssé hatékony alakjában. Ezzel szemben DOYLE, mert fertőzött tyúkjain nem tudta kielégítő határozottsággal megállapítani a betegség megindultának időszakát, eltérően a magam közölte fogástól, ötletszerűen, mindig a fertőzés utáni 72. órában vitte át egyik állatból a másikba a ragályanyagot. Az eljárásomtól eltérő tovaviteli mód alkalmazása önként érthetővé teszi kísérletének a magaméitól eltérő eredményét.

Érdekes különben, hogy a fentebb idézett közleményem megjelenése óta több tanulmány látott napvilágot, melyekben szintén találhatók nagyobb számban adatok, melyek szintén bizonyítják álláspontom helyességét.

Eltekintve attól, hogy némelykor a klasszikus baromfipestisnél is előfordulnak épolyan lassú lefolyású kóresetek, mint a newcastle-i betegségnél, NAKAMURA, OYAMA és TOMONAGA japán búvároknak[1] is sikerült állatpassage útján a Japánban észlelt, DOYLE szerint is a newcastle-i betegséggel azonos bántalom ragályanyagát úgy megváltoztatniok, mint magamnak a newcastle-i betegség eredeti ragályanyagát. A betegség ragályanyaga különben PICARD újabb közleménye[2] szerint idővel magától is megváltozhatik úgy, hogy a fertőzött állatok vérében immár tekintélyes mennyiségben előfordul.

[1] Journ. of Japan. Soc. of Vet. Science. 1932. 11. 298.

[2] L. c.

Azonfelül a nevezett kutatók szerint az így megváltozott ragályanyag okozta betegség, hasonlóan saját megállapításaimhoz, ugyanolyan klinikai jelenségekben nyilvánul meg, mint a klasszikus baromfipestis, sőt FUKUSHIMA[1] szerint a kórbonctani és kórszövettani eltérések dolgában sem mutatkozik immár különbség.

Kiderült azonfelül, hogy a galamboknak DOYLE hangsúlyozta különös fogékonysága a newcastle-i ragályanyag iránt más szerzők megállapítása szerint sem teszi megokolttá, hogy a klasszikus baromfipestis és a newcastle-i betegség ragályanyaga között különbséget tegyünk. RACHAD[2] ugyanis DOYLE eredeti ragályanyagával, DE BLIECK[3] pedig PICARDtól kapott ragályanyaggal, szemben DOYLE és PICARD kísérleteinek eredményeivel, nem tudott galambokat eredményesen fertőzni. Ez azt bizonyítja, hogy a newcastle-i betegség ragályanyaga hol képes, hol nem képes galambokat megbetegíteni, ami jól egyezik saját galambkísérleteim eredményével.

Mindezek a megállapítások egyöntetűen azt bizonyítják, hogy a *newcastle-i betegség a klasszikus baromfipestissel oktanilag azonos betegség, és mindössze lassúbb lefolyásában különbözik általában az utóbbitól. Legfeljebb arról lehet tehát szó, hogy a newcastle-i betegség ragályanyaga más és más körülmények között eltérő típusokban vagy változatokban mutatkozhatik, amelyek azonban egymásba átalakulhatnak. E szerint a baromfipestis okozóját olyan ragályanyagnak foghatjuk fel, amely nagyfokú változékonyságával tűnik ki.*

---

[1] Journ. of Japan. Soc. of Vet. Science, 1933. **12.** 147.

[2] Vet. Bull. No 140, Ministry of Agricult., Egypt. 1934.

[3] l. PICARD: Zentralblatt f. Bakteriologie, I. Orig. 1934. **132.** 440.

(A M. T. Akadémia III. osztályának 1936. május 11-én tartott üléséből.)

ÜBER DIE EIGENSCHAFTEN DES VIRUS DER NEWCASTLEKRANKHEIT.

Von R. MANNINGER, k. Mitglied.

Gegen die Auffassung des Verfassers über die ätiologische Zusammengehörigkeit der klassischen Geflügelpest und der Newcastle-Krankheit oder Pseudofowlpest (s. diese Zeitschrift, 1932. Bd. 49, S. 51) wurden von DOYLE Einwände erhoben, durch die die Vornahme neuerer Untersuchungen veranlasst wurde. Ihr Ergebnis hat die Richtigkeit der früheren Ausführungen des Verfassers erneut bekräftigt.

Es zeigte sich nämlich, dass die Empfänglichkeit der Tauben dem Erreger der Newcastle-Krankheit gegenüber Variationen unterworfen ist und daher nicht als Artmerkmal des genannten Virus zur Unterscheidung vom Erreger der klassischen Geflügelpest in Frage kommen kann. Ferner verhalten sich die beiden Virusarten nicht nur bei der Infektion hochimmunisierter Tiere, sondern auch im Neutralisationsversuch in vitro gleichartig, soweit die diesbezüglichen Untersuchungen unter strenger Beachtung der quantitativen Verhältnisse unternommen werden.

Nach alldem handelt es sich beim Erreger der Geflügelpest um ein überaus interessantes Virus, das je nach Umständen in Form von einander zeitweilig abweichender Typen oder Varietäten auftritt, die sich aber ineinander verwandeln können. Der Erreger der Geflügelpest stellt demnach ein Virus dar, das sich durch eine auffallende Variationsbereitschaft auszeichnet.

(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften vom 11. Mai 1936.)

KÍSÉRLETEK AZ AUJESZKY-FÉLE BETEGSÉG RAGÁLYANYAGÁVAL.

MANNINGER REZSŐ l. tagtól és MARCIS ÁRPÁD vendégtől.

Noha AUJESZKY a róla elnevezett betegséget 1902-ben fedezte fel és klasszikus kórképét MAREK már közel negyedfél évtizede mesterien megrajzolta, ragályanyagának tulajdonságairól keveset tudunk. Vitás többek között, hogy ragályanyaga miképpen terjeszkedik a szervezetben, és nincsen tisztázva az a kérdés sem, hogy milyen immunbiológiai változásokat indít meg a fertőzött szervezetben. Az említett két kérdésre kerestünk feleletet, mikor alább ismertetett vizsgálatainkhoz fogtunk.

I.

Régóta ismeretes, hogy az AUJESZKY-féle betegség ragályanyaga előfordul a vérben is. Ennek ellenére számos szerző, a ragályanyagnak kétségtelen neurotrop tulajdonságaira való tekintettel, azon a nézeten van, hogy elsősorban vagy kizárólag az idegszálak mentén jut a középponti idegrendszerbe, melynek bántalmazottsága szoltatja a betegség klasszikus kórképének tüneteit. Hivatkozunk itt BARTARELLI és MELLI,[1] kiváltképen azonban HURST[2] felfogására. HURST nevezetesen arra a tapasztalatára alapítja véleményét, hogy mesterségesen fertőzött rágcsálókban a középponti idegrendszernek azokban a részeiben (bőr alá fertőzés esetén a megfelelő gerincvelői ducokban és szelvényekben) találta a legsúlyosabb kórszövettani elváltozásokat, amelyeket először ér el a szerinte az idegszálakban

[1] Zentralblatt f. Bakt., 1913. **71**. 286.

[2] Journ. of exp. Medicine, 1933. **58**. 415.

haladó ragályanyag. Eltekintve azonban attól a tapasztalattól, hogy az AUJESZKY-féle betegségben szenvedő állatban, legalábbis a betegség bizonyos időszakában, mint már említettük, a vérben fel lehet lelni a ragályanyagot, különösebben SÁLYI[1] újabban közölt kórszövettani megállapításai azt gyaníttatták, hogy a nevezett betegség alapjában véve septikaemiás bántalom, melynek csak mindössze egyik következménye a középponti idegrendszer megbetegedése. SÁLYI ugyanis a középponti idegrendszerben minden esetben a fehér- és a szürkeállományra egyaránt kiterjedő gyulladást talált, aminőt — ellentétben a szoros értelemben vett neurotrop ragályanyagok okozta betegségekkel — csak az olyan szűrhető ragályanyagok (ultravirusok) idéznek elő, amelyeket SEIFRIED[2] organotrop, egyikünk pedig[3] septikaemiaokozó ragályanyagoknak nevezett el, mert az általuk okozott betegségek során mindig a kezdetben kifejezett vérfertőzéses állapot szolgáltat alkalmat a középponti idegrendszer fertőződésére és ennek nyomán megbetegedésére.

Említett feltevésünk kísérleti igazolásra szorult. E végből mesterségesen fertőzött kísérleti nyulakból 4 óránként vért vettünk és a vérből geometriai sorban csökkenő mennyiségeket fogékony nyulakba fecskendeztük. Nagyobb állatanyagon végzett kísérleteink egyöntetűen arra az eredményre vezettek, hogy a vérben a lázassá válás idejében mutatkozott először kimutatható mennyiségben ragályanyag, melynek mennyisége rohamosan meggyarapodott, jeléül annak, hogy csakugyan septikaemiás folyamattal van dolgunk, úgyhogy kb. 12 óra alatt elérte legnagyobb töménységét, amelyen azután a halál beálltáig megmaradt. Nyulainknál egyébiránt a középponti idegrendszer bántalmazottságára valló első tünetek (nyugtalanság) a ragályanyagnak a vérben való megjelenése után 8—12 óra mulva mutatkoztak, a betegségre általában jellemző nagyfokú bőrviszketegség pedig nehány órával azután jelentkezett, hogy a ragályanyag a vérben elérte legnagyobb töménységét. Példaképen említjük egyik nyulunk viselkedését, melynek hőmérséklete

---

[1] Állatorvosi Lapok, 1935. 2. sz.

[2] Ergebnisse der allg. Path. und path. Anatomie, 1931. **24**. 554.

[3] Proceedings of the XII. Intern. Vet. Congress, New York, 1935. 1. 207.

a fertőzés után 72 órával emelkedett lázas magasságra. Ugyanekkor volt először kimutatható a ragályanyag a vérben (a vérnek 0·1 kcm-nyi mennyisége tartalmazott egy halálos adagot). A vér ragályozóképessége a 84. órában érte el legnagyobb értékét (a vér 0·003 kcm-nyi mennyisége tartalmazott egy halálos adagot) és ezt megtartotta a halálnak a 100. órában történt bekövetkeztéig. A lázas hőmérsékletemelkedés különben csak rövid ideig (4—16 óra hosszat) szokott tartani, 8—12 órával a halál beállta előtt pedig hőmérséklet-süllyedés jelentkezik.

Nem vitás tehát, hogy az AUJESZKY-féle betegség septikaemiás bántalom. Hogy pedig a középponti idegrendszer valóban a vérrel odajutott ragályanyag hatására betegszik meg, kiderül abból a kísérletünkből, amelynek során egyenletes megbetegítő képességű ragályanyaggal egyidőben fertőzött nyulak vérének és nyúltvelejének ragályanyagtartalmát vizsgáltuk meg a fertőzés után különböző időpontokban. E kísérletünkben, melyet költséges volta miatt nem ismételhettünk meg, egy sorozat egyivású nyulat egészen egyformán fertőztünk (a természetes halállal kimult 4 kontrolállat csakugyan nagyjában egyidőben, 68—72 óra mulva szenvedett ki), és közülök egyet-egyet négyórai időközökben kiirtván, 0·1 kcm vérrel és 0·1 g nyúltvelőanyaggal állatojtási kísérletet végeztünk. Kiderült, hogy a vér a fertőzés utáni 32., a nyúltvelő ellenben még csak az 52. órától kezdve tartalmazott annyi ragályanyagot, hogy belőlük 0·1 g-nyi mennyiség megölje a kísérleti nyulakat. Ebből következik, hogy az agyvelőben a ragályanyag csak az 52. óra körül szaporodott el számottevő mértékben, eddig az időpontig a nyúltagyvelő nyilván nagyjában csak annyi ragályanyagot tartalmazott, amennyit az átáramló vér tartalmazott.

A ragályanyag egyébként attól fogva, hogy a középponti idegrendszerben megtelepedik, némelykor a halál beálltáig nagymértékben elszaporodik benne, úgyhogy a nyúltvelőbeli ragályanyag tömménysége sokszorosan felülmúlja a vérben foglaltét. Egyik kísérletünkben pl. a természetes halállal kimúlt nyúl vére csak 0·01 kcm-nyi, a nyúltvelő ellenben 0·0001 g-nyi mennyiségében tartalmazott egy-egy halálos ragályanyagadagot, máskor viszont a vérnek és a nyúltvelőnek ragályanyagtartalma nagyjában egyforma volt, végül ritkán olyan esettel is találkoztunk, mikor a halál beálltáig a nyúltvelő

ragályanyagtartalma nem érte el a vérét. Az utóbbi lehetőség előfordul a szokatlanul gyors lefolyású esetekben. Egyik esetünkben, melyben a nyúl a vérnek virulenssé válása után már 12 órán belül pusztult el, a vérnek 0·01 kcm-nyi, a nyúltvelőnek ellenben csak 0·1 g-nyi mennyiségében találtunk egy halálos ragályanyagadagot.

Kísérleteink eredményéből következtik, hogy a házinyúlban mesterséges fertőzés esetén a ragályanyag belekerül a vérbe és ott rohamosan elszaporodik. A vérrel jut el azután a középponti idegrendszerbe, melyben megtelepedve elszaporodik, úgyhogy idővel e helyen a ragályanyag töménysége meghaladhatja a vérben foglaltét. Következésképen nincs ok annak feltételezésére, hogy az AUJESZKY-féle betegség ragályanyaga az idegpályák mentén jut el a középponti idegrendszerbe. Ez utóbbi következtetés helyességét bizonyítja egyébként az a megfigyelésünk is, hogy a középponti idegrendszer bántalmazottságának folyományaképen a typusos esetekben a klinikai kórkép előterében álló rendkívül nagyfokú viszketegség a test egész felületén mutatkozik, nem pedig csak a fertőzés bemeneti kapuját jelző bőrsérülés környékén, ahogy általában hiszik. Különösképen jól megfigyelhető ez nyulakon, amelyeken, bárminő úton, közvetlenül a véráramba fecskendéssel, a bőr alá vagy izomba ojtással, visszük is be szervezetükbe a ragályanyagot, a bőrfelület minden pontja hyperaesthesiássá válik és az állatok azt a testrészüket rágják és dörzsölik véresre, amelyhez éppen hozzáférnek. Hogy akárhányszor e tekintetben előnyben részesítik a fertőzés helyét és azt harapdálják, annak az a magyarázata, hogy ott az érzékenység a sérült szövetben lejátszódó gyulladásos jelenségek miatt némileg fokozott lehet.

Tekintettel a tünetek egyezésére és a betegségnek hasonlóan gyors lefolyására, mindenek szerint a többi rágcsálókban, szintúgy a húsevőkben, az egypatásokban és a kérődző állatokban is hasonló módon terjeszkedik és szaporodik el a ragályanyag. E tekintetben a viszonyok közelebbi tisztázására az ilyen természetű kísérletes vizsgálatok költséges volta miatt egyelőre nem volt alkalmunk.

Bizonyos tekintetben mások a viszonyok a sertésnél. Itt ugyan szintén a vérben szaporodik el a ragályanyag és a vérrel kerül a középponti idegrendszerbe, a sertésnél azonban az egészben ritkán előforduló halálos lefolyású esetekben a hullában a vér akárhányszor

egyáltalán nem tartalmaz ragályanyagot, míg a középponti idegrendszerben tekintélyes mennyiségben akadunk reá. Ennek az az oka, hogy a sertésben a betegség a középponti idegrendszer részéről mutatkozó tünetek jelentkezése után nem hamarosan, akárhányszor már néhány óra alatt végződik halállal, mint a többi állatfajokban, hanem többnyire csak 4—6 napi, sőt esetleg még tovább tartó betegség után, úgyhogy a ragályanyagnak ideje van elszaporodnia a középponti idegrendszerben, míg időközben a vérből már kitakarodhatik.

Mindez azt bizonyítja, hogy a középponti idegrendszerben a vérrel odajutott ragályanyag továbbszaporodik, még akkor is, ha a vontatottabb lefolyású esetekben a vérből már el is tűnt.

II.

A másik kérdés, melyet vizsgálataink tárgyává tettünk, a ragályanyag immunbiológiai viselkedése.

Mindenekelőtt tisztáznunk kellett azt, hogy lehet-e az AUJESZKY-féle betegség ragályanyagával fogékony állatokból immunvérsavót előállítani. Ilyen irányú nagyszámú kísérleteink során a házinyúlnak mint rendkívül fogékony állatnak felhasználásával nem sikerült célt érnünk, mert, bárminő módon vittünk is be kísérleti nyulaink szervezetébe részben subletalis ragályanyagmennyiségeket, részben hőbehatással vagy kémiai anyagokkal (főként formalinnal) gyengített vagy elölt ragályanyagot, az eredmény mindig az volt, hogy az állatok beavatkozásunkra vagy nem betegedtek meg, de ez esetben nem is tettek szert immunitásra, vagy elpusztultak. Nem lepődtünk meg ezen az eredményen, mert az AUJESZKY-féle betegség ragályanyagához hasonlóan viselkedő egyéb ragályanyagokkal, elsősorban a tyúkpestis virusával, szintén nem lehet tervszerűen immunizálni nagyon fogékony állatokat. Ezzel szemben minden nehézség nélkül sikerült az aránylag kevéssé fogékony sertésekből olyan immunvérsavót előállítanunk, mely nagy mennyiségben tartalmaz ellenanyagokat. Érdekes azonban, hogy ezek az ellenanyagok csakis a kémlőcsőben (az ú. n. virulicidiás vagy helyesebben virusközömbösítési kísérletben) képesek hatástalanná tenni a ragályanyagot, az állati szervezetben ellenben nem.

A közömbösítési kísérleteket úgy hajtottuk végre, hogy külön-

böző mennyiségű (0·1—25·0 kcm) immunvérsavót kémlőcsőben összekevertünk különböző mennyiségű (5—5000 halálos adagot kitevő) ragályanyaggal (virulens vérrel), és szobahőmérsékleten különböző (30 perctől 24 óráig terjedő) ideig tartó állás után a keverékeket fogékony nyulak izomzatába fecskendeztük. A 104 nyúlon végzett kísérleteink teljesen egyöntetűen zajlottak le. Amíg az ellenőrzésképen kezeletlen sertésekből előállított vérsavó hatástalannak bizonyult, addig az immunizált sertések vérsavója már 30 percig tartó behatás alatt is tekintélyes ragályanyagmennyiségeket közömbösített, úgyhogy még azok a nyulak is életben maradtak, amelyekbe 0·1 kcm vérsavót és 100 halálos adagnyi ragályanyagot tartalmazó keveréket fecskendeztünk. A sertésből előállított immunvérsavók tehát igen hatékonyaknak bizonyultak, amellett hatásuk nemcsak az előállításukra használt ragályanyagtörzzsel szemben érvényesült, hanem épolyan mértékben más törzsekkel szemben is. Itt jegyezzük meg, hogy egy juhból származó ragályanyagtörzzsel előállított immunvérsavónk ugyanígy közömbösítette a szóban forgó ragályanyagtörzset, mint egy sertésből származó törzset, ami szintén azt bizonyítja, hogy az AUJESZKY-féle betegségnek lényegesen más klinikai képben való megnyilvánulása sertésekben, amire BURGGRAAF és LOURENS,[1] valamint KÖVES és HIRT,[2] figyelmeztetett, nem a ragályanyag eltérő tulajdonságaiban, hanem ez állatfaj különleges ellenállóképességében leli magyarázatát. A közömbös vérsavó — ragályanyagkeverékek egyébiránt szintén nem immunizálják a kísérleti nyulakat.

Különös volt, hogy az ilyen, a kémlőcsőben nagyfokú közömbösítőképességet mutató immunvérsavók teljesen felmondják a szolgálatot, ha nagyon fogékony állatok, nevezetesen házinyulak passziv immunizálására óhajtjuk őket felhasználni. Nagyobbszámú (44) nyulat kezeltünk 5—25 kcm-nyi mennyiségű olyan immunvérsavóval, melynek 0·1 kcm-nyi mennyisége kémlőcsőben legalább 100 halálos ragályanyagadagot tudott közömbösíteni és mégis e rendkívül nagy vérsavómennyiségek a nyulakban nem tudtak kimutatható fokú passziv immunitást létesíteni. Nyulaink ugyanis

[1] Tijdschrift foor diergeneeskunde, 1932. 59. 981.

[2] Állatorvosi Lapok, 1934. 6. sz.

egyként elpusztultak az AUJESZKY-féle betegségben, akár a vérsavóojtással egyidőben, akár egy nappal később vittünk be szervezetükbe ragályanyagot. E tekintetben közömbös volt az is, hogy a halálos adagnak épen megfelelő ragályanyagmennyiségét vagy annak sokszorosát használtuk-e fel a fertőzésre.

Itt is meglepő a hasonlóság az AUJESZKY-féle betegség és a baromfipestis ragályanyaga között. Az utóbbival ugyanis szintén könnyűszerrel állíthatók elő kevéssé fogékony állatokból (libából, kacsából), nem ellenben a nagyon fogékony tyúkból, immunvérsavók, melyek kitűnő hatásúaknak bizonyulnak a kémlőcsőben való ragályanyagközömbösítésre, de ritka kivételektől eltekintve (MANNINGER,[1] DOERR[2]) hatástalanoknak mutatkoznak akkor, ha az állati testben kellene velök passziv immunitást létesíteni.

Az előadottak szerint egyelőre nincsen kilátás arra, hogy az AUJESZKY-féle ragályanyaggal nagyon fogékony állatokban mesterségesen akár aktiv, akár passziv immunitást létesíthessünk.

Összefoglalás.

1. Az AUJESZKY-féle betegség ragályanyaga eleinte a vérben szaporodik el és a vérrel, nem pedig az idegrostok közvetítésével kerül a középponti idegrendszerbe. Az AUJESZKY-féle betegség tehát nem septineuriás, hanem septikaemiás bántalom, melynek lefolyása során azonban neurotrop tulajdonságai folytán ragályanyaga a középponti idegrendszerben is megtelepedik és ott a septikaemiás állapot lezajlása után is továbbszaporodik.

2. Az AUJESZKY-féle betegség ragályanyagával nyulakat nem lehet aktiv immunitással felruházni, mert a ragályanyag vagy halálos betegséget idéz elő bennök, vagy nem betegíti meg az állatokat, de ez esetben fogékonyságukat sem csökkenti. Könnyen előállítható immunvérsavó sertésből, az ilyen vérsavó azonban csak a kémlőcsőben fejt ki igen nagyfokú közömbösítő hatást a ragályanyagra, ezzel szemben az állati testben nem képes passziv védettséget teremteni.

[1] Mat. és Természettud. Értesítő, 1932. **49**. 51.

[2] Ergebnisse der Hyg. usw. von WEICHARDT, 1934. **16**. 121.

(A M. T. Akadémia III. osztályának 1936. május 11-én tartott üléséből.)

VERSUCHE MIT DEM VIRUS DER AUJESZKYSCHEN KRANKHEIT.

Von R. MANNINGER, k. Mitglied und Á. MARCIS.

1. Das Virus der AUJESZKYschen Krankheit vermehrt sich zunächst im Blute und gelangt mit dem Blutstrom, nicht dagegen den Nervenfasern entlang in das zentrale Nervensystem. Es handelt sich demnach nicht um eine Septineurie, sondern um eine Septikämie, doch setzt sich das Virus vermöge seiner neurotropen Eigenschaften im zentralen Nervensystem fest und vermehrt sich hier auch noch nach dem Abflauen der Septikämie.

2. Kaninchen lassen sich durch die Einverleibung von abgeschwächtem Virus oder geringen Virusmengen nicht aktiv festigen, denn entweder verursacht bei ihnen das Virus eine Erkrankung mit ausnahmslos tödlichem Ausgang, oder das Tier bleibt gesund, erwirbt sich aber in diesem Falle keine Immunität. Hingegen lässt sich von Schweinen mühelos ein Immunserum mit bemerkenswertem Immunkörpergehalt herstellen, doch entfaltet es nur in vitro eine neutralisierende Wirkung auf das Virus, während es im Kaninchenkörper keine nachweisbare passive Immunität zu erzeugen vermag.

(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften vom 11. Mai 1936.)

JELENTÉS A III. NEMZETKÖZI TALAJTANI KONGRESSZUS NÉHÁNY KIEMELKEDŐBB TUDOMÁNYOS EREDMÉNYÉRŐL.

'SIGMOND ELEK r. t.-tól.

Most jelent meg a mult év (1935) július hó 30-tól augusztus hó 7., Oxfordban (Anglia) tartott III. Nemzetközi Talajtani Kongresszus lefolyásáról szóló kiadvány (III. köt.), mely az előre kinyomatott két kötettel a Kongresszus összes közleményeit és jegyzőkönyveit tartalmazza.[1] Ezek alapján megkísérlem röviden ismertetni a Kongresszus kiemelkedőbb tudományos eredményeit.

A Nemzetközi Talajtani Társaság I. Bizottságában különös érdeklődést váltott ki SCHOFIELD R. K. *pF*-értékének bevezetése a talajvíz mechanikájába. Az már régebben ismeretes volt, hogy a talaj a vizet különböző szívósággal tartja vissza. Általában annál nagyobb ez a szívósság, minél kevesebb vizet tartalmaz a talaj. A talajnak ezt a vízszívótehetségét kifejezhetjük mint energiát vízoszlop-cm-ekben. Így 1—10.000,000 közé eső értékeket kapunk. SCHOFIELD a nagy számok elkerülése végett ezeknek logarithmusát ajánlja és ezt *pF*-értéknek nevezte el.[2] Ilyen módon lehetséges egyszerű módon a talajoknak vízszívótehetségét («suction value») egyszerű számokkal és a talaj bárminő víztartalmára nézve egyöntetűen jellemezni. Ezen vizsgálatok során kitűnt, hogy a talaj szárításakor nagyobb szívóerőt kell alkalmaznunk, mint aminő szívóerőt a nedvesedéskor tapasztalunk. Ez a magyarázata annak,

---

[1] Transactions of the Third International Congress of Soil Science. Oxford, England 1935, I—III. Vol.

[2] SCHOFIELD R. K.: Trans. Third. Intern. Cong. Soil Sci. Vol. II. 37 és Vol III. 182.

hogy egyazon talajszelvényben egymás felett vagy mellett nagyon különböző nedvességű talajszintek fordulhatnak elő, a nélkül, hogy a nedvesebb talajszintből a szárazabba víz szivároghatna. Így pl. ALISAY és CLARK 27% vizet tartalmazó talajtömeget helyeztek ugyan olyan talajra, mely csak 6% vizet tartalmazott. Két hónap elteltével a nedves réteg nedvessége 20%-ra apadt le, a szárazé azonban csak 13%-ra emelkedett és ebben a nedvességi állapotban a két egymással érintkező talajréteg nedvességi állapota kiegyensúlyozódott. Ezt a jelenséget csak úgy értjük meg, hogy a nedves talaj száradásakor a talaj vízszívótehetsége nagyobb ellentállást fejt ki a vízeloszlással szemben, mint aminő szívást a száraz talaj a nedvesség felvételekor gyakorol. Ezeket a jelenségeket az eddig feltételezett kapilláris erőkkel, melyek pusztán a víz felületi feszültségével magyarázhatók, megérteni nem lehetett. Valószínűleg a talajrészecskék mikroplasztikus felduzzasztásával, ill. zsugorodásával bonyolódik itt a helyzet, miért is a kötöttebb természetű talajok esetében a rendes kapilláris törvények nem érvényesülhetnek úgy, mint homoktalajokban.

A II. Bizottságban, mely a talajok chemiai és kolloid-chemiai tanulmányozással foglalkozik, a talaj általános chemiai jellemzése és az abszorpciós komplexum jelentőségének és sajátosságának közelebbi ismertetése volt az érdeklődés homlokterében. Maga az a tény, hogy a Kongresszus angol rendezőbizottsága felkért arra, hogy a plenáris ülés 2. napján az első előadást a talajok chemiai jellemzésének alapelveiről tartsam, azt bizonyítja, hogy ennek különös jelentőséget tulajdonítottak. Nem kell itt előadásomat közelebbről ismertetnem, mert az azokban foglalt alapelveket e helyen már több ízben, így legutóbb a magyar mezőségi fekete földekről és a rendzinákról tartott értekezéseimben kifejtettem. Itt csak arra kívánom felhívni a figyelmet, hogy midőn 1909-ben a budapesti első nemzetközi agrogeológiai konferencián a sok egyéb irányú talajtani problémák között, akkor, mint fiatal talajszakember, rámutattam a talajok chemiai jellemzésének nagy talajtani jelentőségére,[3] még igen kevesen voltak a résztvevők

[3] 'SIGMOND E.: A talajelemzések jelentőségéről stb. I. Nemzetközi Agrogeologiai Értekezlet Kiadv. 1909. Budapest.

között, akik arra gondoltak, hogy ilyen korán, egy negyedszázad elteltével, *ez lesz az a biztos tudományos alap*, mely a talajok jellemzésére és meghatározására az eddiginél jobb alapot nyujt. Az egyedüli hátránya még ma, hogy nagyon részletes és nem könnyű módszereket igényel. Minden valószínűség szerint azonban, ha egyszer megismerjük közelebbről, hogy minden talajtípusra, melyek a döntő ismérvek, találunk ki majd gyors módszereket ezeknek könnyű meghatározására is.

Semmiesetre sem az én érdemem, hogy ez idefejlődött, hanem mindazoké a kollégáké, kik a II. Bizottságban 25 éven át velem együtt működtek. Az én érdemem legfennebb az, hogy átérezve a talaj chemiai jellemzésének lehetőségeit, sikerült ezt a mi nemzetközi bizottságunkat 25 év alatt a Nemzetközi Talajtani Társaság egyik legtekintélyesebb bizottságává és több 100 tagot számláló szakosztályává fejlesztenem és a háború utáni kényes nemzetközi helyzetben is minden politikai ellentétet kiküszöbölnöm. Ennek bizonyságául és elismeréseként a Kongresszus csekélységemet a Nemzetközi Talajtani Társaság örökös tiszteleti tagjává, a II. Bizottság pedig tiszteletbeli elnökévé választott.

A második előadó Dr. HISSINK D. J., a Nemzetközi Talajtani Társaság állandó főtitkára és Társelnöke volt, aki Akadémiánk III. osztályának egyik kültagja. A talajabszorpció jelenségéről tartott összefoglaló értekezést.[4] Megjegyzem, hogy a II. Bizottságban ő volt az abszorpciós vizsgálatok tanulmányozására 1926 óta működő különbizottságának állandó előadója és a báziskicserélődés jelenségeinek egyik kezdeményezője és legjobb ismerője. Összefoglaló előadásában a *T*-, *V*-, *S*-értékek és a kicserélhető bázisok gyakorlati jelentőségét ismertette. Mivel e helyen én már ezekről ismételten értekeztem, nem szükséges ezeket most bővebben fejtegetnem.

Az adszorpciós jelenségek mechanizmusával és a legújabb idevonatkozó koloidchemiai elméletekkel WIEGNER, zürichi professzor foglalkozott: Ionenumtausch und Struktur c. előadásában.[5]

---

[4] HISSINK, D. J.: Transact. Third Intern. Congr. Soil Science, Oxford England 1935. Vol. II. 60.

[5] WIEGNER, G.: Transac. Third Intern., Congr. Soil Science, Oxford 1935. Vol. III., 5.

WIEGNER, aki azóta meghalt, szintén Akadémiánk kültagja és Társaságunk egyik legkiválóbb tudósa és előadója volt. Érdekes előadásából és kísérleti eredményeiből csak azt emelem ki, ami az eddigi báziskicserélődési tapasztalatok ellentétes adatainak okait világítja meg. Eddig ugyanis feltételeztük, hogy a báziskicserélődés energiája a liophil-sorozat és vegyértékűség szerint igazodik. Nevezetesen minél több vízmolekulát hordoz magával egy kation, annál könnyebben cserélhető ki, mert a micellák annál lazábban adszorbeálják. A vegyértékűség pedig olyan értelemben érvényesül, hogy az egy vegyértékű kationok sorozata gyengébben adszorbeálódik, mint a két vegyértkűeké, ezeké megint gyengébben, mint a három vegyértékűeké. Ezen törvények értelmében tehát pl. a magnesium kation gyengébben adszorbeálódik, mint a kalcium, ami legtöbb esetben igazolódik is. Mégis voltak esetek, midőn az ellenkezőre lehetett következtetni. WIEGNER kísérletekkel igazolta, hogy az adszorpció erőssége, vagyis a kicserélődés rendje nemcsak a kationok vegyértékűsége és hidratációja szerint változik, de a szerint is, hogy milyen az adszorpciós micellák felülete. Régebben ugyanis csak a felület nagyságát, vagyis a dispersio mértékét vettük tekintetbe és feltételeztük, hogy minél nagyobb az adszorpciós felület, vagyis a diszpersió, annál nagyobb az adszorbens adszorbeáló-tehetsége. Ez igaz akkor, ha feltételezzük, hogy a micellák felülete síma. Ámde az újabb idevonatkozó tapasztalatokból arra következtethetünk, hogy ez a felület inkább csak kivételesen síma. Ezeken különböző egyenetlenségek, OSTWALD Wo. szerint ú. n. «*metastruktura*»-k találhatók. Így azután a felületen nem is egyenlő az adszorbeált ionok megkötése. Feltételezhető pl., hogy a mélyedésekben megkötött ionok nehezebben cserélhetők ki, mint az éleken vagy csúcsokon adszorbeált ionok. Így azután WIEGNER kísérletei értelmében előfordulhat, hogy ha pl. permutitot előbb teljesen kalciumpermititté alakított át, vagy hogy az egész adszorpciós felületet *Ca*-kationok foglalták el, azután ammoniumsóoldattal részben a kalciumot ammonium-kationokkal cserélték ki, akkor ez utóbbi lazábban kötődött meg, mintha előbb ammonium permutitot készítettek és ezt alakították át részben kalcium permutittá. Másszóval *első esetben a kalcium, másik esetben az ammonium foglalja el azokat a felületeket, ahonnan a kicserélődés nehezebben megy végbe.*

Mindezekből az következik, hogy *nem elégedhetünk meg a kicserélhető kationok minőségének ismeretével, de tekintettel* kell lennünk a talaj kolloiddiszpersióinak *sajátos szerkezetével* és azzal is, hogy *milyen a kationok elhelyeződése az adszorpciós felületeken.*

Újabban a talajok osztályozása terén egyre nagyobb tért hódított a talajok kolloid-részletének chemiai és mineralógiai vizsgálata. Ezzel foglalkozott BRADFIELD RICH. amerikai szakember, az V. Bizottság vezető előadásában: «The bearing of recent investigations in soil colloids on soil classification».[6] Ez ugyan sorrendben nem követte közvetlenül az előbbi előadásokat, mégis szorosan kapcsolódik ezekhez és a II. Bizottság speciális szakülésein elhangzott értekezésekhez. Eredetileg az is volt a tervünk, hogy a II. Bizottság plenáris ülésén adja elő, de az V. Bizottság már előre lefoglalta, annyira nagy súlyt helyezett erre a tárgykörre a talajok osztályozása szempontjából. Újabban az ultracentrifugákkal (Sharpless centrifugák) sikerült a talajok kolloid fínomságú részét nagyobb mennyiségben előállítani és vizsgálat alá vetni. Eleinte csak a SiO_2, Al_2O_3 és Fe_2O_3 viszonylagos mennyiségeit vizsgálták. Majd az *x*-sugarakkal vizsgálva azt tapasztalták, hogy ez a *kolloidrész főtömegében kristályos szerkezetű másodlagos ásványokból áll,* melyek az eredeti ásványi anyag elmállása folyamán keletkeztek. Ezeknek a felismerése ma még annyira új, hogy nem lehetett a talajokra jellemző előfordulásukat még szabályba foglalni. Kétségtelen azonban, hogy minél inkább érvényesültek a talajképződés tényezői az eredeti kőzetre, annál több új mikrokristályos ásvány képződik. BRADFIELD egyelőre a talajok osztályozására a talajok telítettségi állapotának sajátosságait tartja legmegfelelőbbnek, melyet először GEDROIZ alkalmazott, s mely részben MARBUT rendszerében is kifejezésre jut. Az én általános rendszeremet meg sem említette, holott angolul már 1933-ban közöltem.[7] Igaz ugyan, hogy én ebben a talajok telítettségi állapotát csak azokra a talajokra alkalmaztam, melyekre ez különösen jellemző, t. i. *H*-, *Ca*- és

---

[6] BRADFIELD R.: Trans. Third Intern. Congr. Soil Sci. Oxford 1935. Vol. II. 134.

[7] 'SIGMOND, A.: A. de Soil Research Vol. III. (1933) No. 3.

Na-talajokra. Ámde STEBUTT [8] egész talajrendszerét a telítettségi állapotra építette fel, mégis BRADFIELD meg sem említette.

Kétségkívül már az is eredmény, hogy az V. Bizottság morfologistái a talaj chemiai és kolloidchemiai jelenségeire felfigyeltek. BRADFIELD előadása az V. Bizottságban úttörő annyiban, hogy a talajosztályozással foglalkozó szakemberek kezdenek megbarátkozni azzal a gondolattal, hogy a talajok rendszeres csoportosításában a talajok chemiai és kolloidikai ismérvei nagyobb figyelmet érdemelnek az eddiginél. Ezt kifejeztem a BRADFIELD előadása ntáu lefolyt vita során [9] rámutatva, hogy én minden talajt öt szempontból jellemzek: 1. (genetikailag, 2. dinamikailag, 3. chemiailag, 4. fizikailag és morfológiailag, 5 biológiailag, miként ezt Általános Talajtanomban az összes ismert talajokra jelenlegi ismereteinkhez mérten meg is odottam.[10] Persze ezt a könyvet BRADFIELD nem ismerhette, mert magyarul van írva, remélem azonban, hogy egy év mulva már angolul is megjelenik könyvem és csak akkor számíthatok rendszerem általánosabb megértésére.

A talaj kolloidrészek röntgensugarakkal való vizsgálata nemcsak fényt derített arra, hogy a talaj agyagos része nagyrészt kristályos szerkezetű másodlagos ásványból áll, hanem igazolni látszik ama régebbi feltevésemet, melyet a mesterséges zeolitok tanulmányozásával kapcsolatban hangsúlyoztam, hogy itt minden valószínűség szerint nem gélkeverékek, de igazi chemiai vegyületek keletkeznek.[11] Azt, hogy a kolliod talajrészek kristályos szerkezete mennyire érdekli jelenleg a kutatókat a II. Bizottság szakülésein előterjesztett értekezések nagy száma bizonyítja legjobban.

«Die Identifikation der Tonsubstanz des Bodens durch Röntgenuntersuchungen». JACOB A., HOFMANN U. és LORFMANN H.-tól.[12] «Some properties of clay fractions» MARCHALL E.-től.[13] «Chemical

---

[8] STEBUTT A.: Lehrb. d. Allg. Bodenkunde, Berlin, 1930.

[9] 'SIGMOND, A. A. J.: Trans. Third Intern. Congr. Soil Science 1935. Oxford Vol. III. 234.

[10] 'SIGMOND ELEK: Általános Talajtan 461—639. o.

[11] 'SIGMOND E.: Magy. Chemiai Folyóirat XX. évf. 12. f. és XXI. évf. 1—4. f. (1915), Math. és Term. Tud. Értesítő XXXIV. k. (1916) 279.

[12] Trans. Third Intern. Congr. Soil Scie. Oxford 1935. Vol. II. 85.

[13] u. o. Vol. II. 88.

composition of the colloids of the great soil groups». BYERS H. G.[14] «The evidence as to the crystalinity of soil colloids». KELLEY W. P.-től.[15]

Az eddigi ismeretek alapján különösen a montmorillonit, bentonit és halloysit és ezeknek rokonásványai a gyakrabban előforduló mikrokristályos alkatrészek, de e tekintetben még sok a tapogatódzás és bizonytalanság. Az azonban ma már kétségtelen, hogy *a talaj agyagos részének tekintélyes része mikrokristályos*, és hogy e tekintetben egy részt a kolloid fínomságu (1μ-nál fínomabb) talajrészek *közelebbi chemiai vizsgálata és röntgengenográfiája a talajtani kutatásokban sokat ígérő jövőnek néz elébe.*

A III. Bizottságban a pillangósok gyökérbaktériumai symbiosisának igen érdekes részleteivel foglalkozott THORNTON H. G.[16] Elsősorban azt vizsgálta, hogy miben áll a gazdanövény védekezése az infekcióval szemben. Maga a jelenség három részre osztható: 1. a gyökérhajszálak fodrosodása, 2. a hajszálak infekciója, 3. a gyökérgümő kifejlődése. Az első fázist a radicicola-baktériumoknak sajátos váladéka idézi elő. Ez a váladék azonban nem specifikus, vagyis nem válogat a gazdanövényben. Ámde a fodrosodás még nem jelenti egyúttal, hogy az infekció bekövetkezik. Még a megfelelő radicicola-faj esetében is a tapasztalat azt mutatja, hogy alig 2·5—5·5% a hajszálgyökerek infekció-százaléka. Azután az inficiált hajszálgyökereken sem fejlődik ki mindig a gumócska. *Az infekció és a gyökérgümő kifejlődése tehát más tényezőktől függ, mint a fodrosodás.*

Egészen más okokra vezethető vissza *a nitrátok hatása.* Ha előre nitrátot adtak a talajba, akkor ez már a gyökérszálak fodrosodását is megakadályozta. Ha pedig később adták a nitrátot a táptalajhoz, mikor már kialakultak a gyökérgümők, a nitrátok megakasztották a gümő további fejlődését. Ez utóbbi jelenség az eddigi tapasztalatok szerint attól függ, hogy milyen arányban vannak a gümőben a szénhidrátok a nitrogénhez. *A szénhidrátok*

---

[14] u. o. Vol. II. 76.

[15] u. o. Vol. III. 88.

[16] THORNTON, H. G.: Trans. Third Intern. Congr. Soil Scie. Vol. II. 81.

szaporodása kedvez is a fejlődésnek, a nitrogén gátolja a gümők fejlődését. A rothamstedi kísérletekből az is kitűnik, hogy *csekély bórsavra van szükség*, hogy a pillangósok normálisan kifejlődjenek és a nitrogén megkötése a levegőből érvényesüljön. Hasonló hatást tapasztaltak, ha a napfénytől elzárták a növényeket és nem képződtek szénhidrátok. Mindkét gátló esetben a gyökérbaktériumok csak mint élősdiek (parasiták) működtek, de nem fejlődött ki igazi symbiózis.

Az újabb vizsgálatokból azt is látjuk, hogy a különféle baktérium radicicola tenyészetek nem egyenlően hatásososak, sőt vannak teljesen hatástalan, sőt káros hatásúak is. A vegyes oltásokból kitűnt, hogy ha előbb oltották be a hatástalan tenyészettel, a később beoltott hatásos tenyészet nem érvényesült és fordítva. Ha pedig mindkettővel együtt oltották be, előfordult, hogy mindkettő elszaporodott, de az is előfordult, hogy egyik a másikat kiszorította. Mellőzve a további részleteket láthatjuk, hogy a radicicola-baktériumok hatóképessége igen különböző lehet, és hogy *a hatástalanokkal szemben akként védekezhetünk, hogy olyan hatékony tenyészeteket oltunk a talajba, melyek fel tudják venni a versenyt a hatástalanokkal szemben.*

Még csak a IV. Bizottság vezető előadásáról, MITSCHERLICHnek a talajok tápanyagállapotára vonatkozó kooperatív munka előzetes jelentéséről kívánok megemlékezni.[17] Ez tulajdonkép a II., III. és IV. Bizottságnak még az 1933-i kopenhágai együttes konferenciáján megindított együttes munkának előzetes eredménye. Éppen ezért az eredményekről még nem alkothatunk magunknak helyes képet. A II. Bizottság ülésén, Kopenhágában kimutattam, hogy 30-nál több különböző laboratóriumi eljárást alkalmaznak több-kevesebb sikerrel a tányanyaghiány felderítésére. Nemzetközileg kellene felderíteni most már, hogy a sok különböző laboratóriumi eljárás közül melyik eljárás a legmegfelelőbb a különböző talajtípusokra. Összehasonlítandók volnának a MITSCHERLICH-féle növényfiziológiai eljárással, mely ugyan tökéletesebb, de sok időt igényel és nagyon költséges. A szántóföldi kísérletek eredménye

[17] MITSCHERLICH, EILH. ALFRÉD: Trans. Third Intern. Congr. Soil Scie. Vol. II. 95.

igen gyakran megbízhatatlan és még több időt és pénzt emészt. MITSCHERLICH vállalkozott az összehasonlító munka megszervezésére és még az idén nyáron lesz Königsbergben egy értekezlet, ahol az eddig feldolgozott eredményeket fogják megvitatni. Ha nem is várható, hogy mindjárt kezdetben a nagyon különböző vélemények közös megegyezésre vezessenek, idővel mégis remélhető, hogy annyira közelednek egymáshoz, hogy ebben a régóta vajudó ügyben gyakorlatilag is hasznosítható eredményekhez juthatunk.

Ezekben csak röviden a legfontosabb tudományos eredményeket ismertettem.

A VI. Bizottság anyagával azért nem foglalkoztam, mert ez már a talajtan alkalmazott része, vagyis inkább gyakorlati irányú és e bizottság működése már annyira a vízműtanba tartozik, hogy azokkal és e helyen nem foglalkozhatom. Bővebbet a kongresszus három kötetre terjedő jelentésében találhatunk.

(A M. T. Akadémia III. osztályának 1936. jún. 8-án tartott üléséből.)

REPORT ON SOME OUTSTANDING SCIENTIFIC ACHIEVEMENTS OF THE THIRD INTERNATIONAL CONGRESS OF SOIL SCIENCE.

by Dr. ALEXIUS A. J. de 'SIGMOND.

The author reports briefly the summary of the papers on the *pF*-value of SCHOFIELD, those on soil adsorption by HISSINK, and by WIEGNER, then that of the paper of BRADFIELD on the bearing of soil colloids on soil classification, as that of THORNTON on the symbiosis of the bacteria radiccola, and gives a general scope on the cooperative work reported by MITSCHERLICH. The successful work done in the special sessions of the different comissions could hardly be treated in this short report, aswell as that of applied Soil science treated in Comission VI.

(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften vom 8. Jun. 1936.)

ADALÉKOK
A GAUSS-FÉLE SZÁMTEST ELMÉLETÉHEZ.

RADOS GUSZTÁV r. tagtól.

Gauss Károly Frigyes-nek, a tudományos számelmélet halhatatlan megalapítójának köszönhető a számelméletnek az a jelentőséges tágítása, amelyet Gauss azzal eszközölt, hogy a racionális koordinátákkal bíró komplex számoknak számtestét tette vizsgálódásai tárgyává, amely lépés a további fejlődés folyamán az algebrai számok mai monumentális elméletére vezetett.

Ha az

$$r_1 + r_2 i \qquad (i \text{ a képzetes egység})$$

komplex számok összeségét tekintjük, amelyekben az r_1 és r_2 koordináták racionális számek, akkor ezek számtestet alkotnak, mivel e halmaz bármely két számának összege, különbsége, szorzata és hányadosa (a zérus osztó kizárásával) ismét a halmazhoz tartozó számok. Ez a számtest az, melyet Gauss-féle számtestnek nevezünk.

Az $r_1 + r_2 i$ komplex szám eleget tesz az

$$(x - r_1)^2 + r_2^2 \equiv x^2 - 2r_1 x + r_1^2 + r_2^2 = 0 \qquad (1)$$

másodfokú egyenletnek. A Gauss-féle számtest számai tehát a szó mai értelmében algebrai számok. Mikor lesznek algebrai egész számok? Nyilván akkor, midőn az (1) alatti egyenletben x^2 együtthatója 1-gyel egyenlő, a többi együttható pedig racionális egész szám. Ha

$$r_1 = \frac{a_1}{b_1}, \quad r_2 = \frac{a_2}{b_2},$$

ahol a_1, b_1, a_2, b_2 racionális egész számok, akkor az (1) alatti egyenlet így írható:

$$b_1^2 b_2^2 x^2 - 2a_1 b_1 b_2^2 x + a_1^2 b_2^2 + a_2^2 b_1^2 = 0.$$

Ez pedig algebrai egész számot akkor és csak akkor határoz meg, ha

$$b_1^2 b_2^2 = 1,$$

tehát

$$b_1 = \pm 1, \quad b_2 = \pm 1.$$

Tehát kimondható, hogy $r_1 + r_2 i$ *akkor és csak akkor algebrai egész szám, ha az* r_1 *és* r_2 *koordinátái racionális egész számok.* Ezeket röviden komplex egész számoknak fogjuk nevezni.

E komplex egész számok elméletének legfontosabb tételeit Gauss a biquadratikus maradékok elméletére vonatkozó amaz értekezésében közölte, amely a «Commentationes soc. reg. Göttingrecentiores» című folyóirat VII. kötetében 1832-ben megjelent.

Gauss e nagyfontosságú értekezésében kimutatta, hogy a komplex egész számok legfontosabb tulajdonságaik tekintetében hasonló törvényszerűségeket követnek, mint a valós racionális egész számok. Mindamellett észlelhetők bizonyos eltérések is. Ezek közül néhánynak bemutatása képezi a jelen dolgozat tárgyát.

1. Felhasználandó segédtételek összeállítása.

A későbbi fejtegetések megszakításának elkerülése végett összeállítom azokat a definíciókat és túlnyomóan ismeretes tételeket, amelyekre hivatkoznunk kell.

1. Az $a+bi$ komplex egész szám normáján abszolút értékének négyzete értendő.

$$N(a+bi) = |a+bi|^2 = a^2 + b^2 = (a+bi)(a-bi),$$

ahonnan rögtön következik, hogy

$$N[(a+bi)(a_1+b_1 i)] = N(a+bi).N(a_1+b_1 i). \qquad (2)$$

2. Az $a_1+b_1 i$ komplex egész szám osztója $(a+bi)$-nek, jelekben

$$a_1+b_1 i \mid a+bi,$$

ha van olyan a_2+b_2i komplex egész szám, amelyre nézve

$$a+bi=(a_1+b_1i)(a_2+b_2i).$$

A (2) alatti egyenletből következik, hogy

$$N(a_1+b_1i)\mid N(a+bi),$$

azaz $a+bi$ bármely osztójának normája $N(a+bi)$-nek osztója. Mivel pedig

$$N(a+bi)=a^2+b^2$$

racionális egész számnak csak véges számú $d_i\big(i=1,2,\ldots,S(a^2+b^2)\big)$ osztója van és az

$$a_1^2+b_1^2=d_i \qquad (i=1,2,\ldots,S(a^2+b^2))$$

diophantosi egyenletek mindegyikének csak véges számú megoldása van, következik, *hogy minden komplex egész szám osztóinak száma véges.*

Az 1-nek összes osztói

$$1,\ -1,\ i,\ -i;$$

ezek a komplex egységek.

Az

$$a+bi,\ -(a+bi),\ i(a+bi),\ -i(a+bi)$$

az $a+bi$ asszociált értékei.

Ha a $q=a+bi$ komplex egész számnak az egységeken és asszociált értékein kívül egyéb valódi osztói nincsenek, akkor *q komplex törzsszám.*

Nem minden racionális törzsszám egyszersmind törzsszám a Gauss-féle számtestben. Így például

$$2=(1+i)(1-i).$$

A következőkben gyakran szereplő $1+i$ törzsszámot, mely a Gauss-féle számtestben hasonló kivételes szerepű, mint a 2 a racionális számtestben, ezentúl k-val fogjuk jelölni.

A k-val osztható egész számokat párosoknak, a többieket páratlanoknak nevezzük.

Arra, hogy az $a+bi$ komplex egész szám páros legyen, szükséges és elegendő, hogy az

$$a\equiv b \pmod 2$$

kongruencia fennálljon, azaz $a+bi$ mindkét koordinátája páros vagy mindkét koordinátája páratlan legyen.

Ugyanis az

$$a + bi = (1+i)(a_1+b_1i) = a_1 - b_1 + (a_1+b_1)i$$

egyenlőségből következik, hogy

$$a = a_1 - b_1,\ b = a_1 + b_1,$$

amiből közvetetlenül látható, hogy

$$a \equiv b \pmod 2,$$

tehát a feltétel szükséges.

De elegendő is. Mert ha $a \equiv b \pmod 2$, akkor

$$a = b + 2u = b + (1+i)(1-i)u \quad (u \text{ egész szám})$$

és így

$$a + bi = b + (1+i)(1-i)u + bi = (1+i)[b + (1-i)u] = k.e,$$

ahol e egész szám; tehát

$$k \mid a + bi,$$

azaz a feltétel elegendő.

A komplex egesz számok elméletének alaptételét Gauss a a fent idézett értekezésében bizonyította be. Ez úgy szól:

Komplex egész szám mindenkor komplex törzsszámok szorzataként állítható elő, mégpedig csak egyféleképpen, ha egységszorzóktól eltekintünk.

3. Két komplex egész mod n kongruens, ha különbségük n-nel osztható. Innen rögtön következik, hogyha két szám mod n egyugyanazon harmadik számmal kongruens, akkor egymás között is kongruensek. Az egymással kongruens számok számosztályt alkotnak.

A (mod n) különböző számosztályok száma véges, mégpedig egyenlő $N(n)$-nel.

Ha mindegyik számosztályból egy-egy számot kiemelünk, akkor a keletkező sorozatot az n modulus teljes maradék sorának nevezzük.

Ha $n=a+bi$ és a és b legnagyobb közös osztója

$$(a, b) = d$$

továbbá

$$N(n) = a^2 + b^2 = N,$$

akkor az

$$u + vi \qquad (M)$$
$$\left(u=0, 1, \ldots, \frac{N(n)}{d} - 1\,;\; v=0, 1, \ldots, d-1\right)$$

$\frac{N(n)}{d} \cdot d$ számból álló sorozat mod n teljes maradéksort alkot.[1]

Ha a (M) maradéksorból elhagyjuk azokat a számokat, amelyeknek az n modulussal az egységeken kívül egyéb közös osztójuk van, az $n = a + bi$ modulus *redukált maradéksorát* kapjuk; ez az n modulushoz relatív törzsszámokat tartalmazza. A redukált maradéksor tagjainak száma

$$\phi(n) = N(n)\left(1 - \frac{1}{N(q_1)}\right)\left(1 - \frac{1}{N(q_2)}\right)\cdots\left(1 - \frac{1}{N(q_r)}\right),$$

ahol

$$q_1, q_2, \ldots, q_r$$

az n különböző törzsszám osztói.

Figyelemreméltó, hogy a redukált maradéksor számai mindannyian kielégítik az

$$x^{\psi(n)} \equiv (\mathrm{mod}\ n)$$

kongruenciát, amely a FERMAT-féle kongruencia analogonja. Ennek a bebizonyítása teljesen azon a módon végezhető, mint a kis FERMAT-tételé a racionális tartományban.

4. Ha az n modulus törzstényezős előállítása

$$n = q_1^{\alpha_1} q_2^{\alpha_2} \ldots q_r^{\alpha_r},$$

akkor az

$$f(x) \equiv a_0 x^m + a_1 x^{m-1} + \cdots + a_m \equiv 0 \ (\mathrm{mod}\ n) \qquad (3)$$

kongruencia megoldása visszavezethető az

$$f(x) \equiv (\mathrm{mod}\ q_i) \qquad (i=1, 2, \ldots, r)$$

kongruenciák megoldására,[2] és ha az

$$f(x) \equiv 0 \ (\mathrm{mod}\ q_i^{\alpha_i}) \qquad (i=1, 2, \ldots, r)$$

---

[1] L. LEJEUNE DIRICHLET, «Recherches sur les formes quadratiques à coefficients complexes» című értekezését, Crelle-Journal XXIV. k., vagy L. G. DIRICHLET's Werke pag. 546.

[2] V. ö. RADOS GUSZTÁV «A magasabbfokú kongruenciák elméletéből» című értekezését, Math. és Termt. Értesítő 29. k., 820. l.

gyökei

$$\xi_{i1}, \xi_{i2}, \ldots, \xi_{ir_i} \pmod{q_i^{\alpha_i}},$$

akkor a (3) alatti kongruencia gyökeit az

$$x \equiv \left(\frac{n}{q_1^{\alpha_1}}\right)^{\psi(q_1^{\alpha_1})} \xi_{1k_1} + \left(\frac{n}{q_2^{\alpha_2}}\right)^{\psi(q_2^{\alpha_2})} \xi_{2k_2} + \cdots + \left(\frac{n}{q_r^{\alpha_r}}\right)^{\psi(q_r^{\alpha_r})} \xi_{rk_r} \pmod{n}$$

$$(k_1 = 1, 2, \ldots, \nu_1;\ k_2 = 1, 2, \ldots, \nu_2; \ldots;\ k_r = 1, 2, \ldots, \nu_r)$$

képlet szolgáltatja, amely mutatja, hogy a (3) alatti kongruencia különböző gyökeinek száma

$$\sigma(n) = \nu_1 \nu_2 \ldots \nu_r = \sigma(q_1^{\alpha_1}) \sigma(q_2^{\alpha_2}) \ldots \sigma(q_r^{\alpha_r}),$$

ahol $\sigma(q_i^{\alpha_i}) = \nu_i$.

5. *Lineár formák értékkészlete adott modulusra vonatkoztatva.* Legyen adva az

$$f(x) \equiv ax + b \pmod{n}$$

lineár forma; legyen továbbá az

$$n = n_1 + n_2 i$$

modulus teljes maradéksora

$$r_1, r_2, \ldots, r_k, \ldots, r_{n_1^2+n_2^2}, \qquad (M)$$

akkor az

$$f(r_1), f(r_2), \ldots, f(r_{n_1^2+n_2^2}) \qquad (H)$$

sorozat az $f(x)$ lineár forma teljes értékkészletét szolgáltatja.

Mindenekelőtt kimutatható, *hogy ha*

$$(a, n) \sim 1$$

azaz az a együttható az n modulushoz képest relatív prím, akkor a (H) sorozat ismét (mod n) *teljes maradéksor.*

Ha ezzel az állítással ellentétben föltennők, hogy

$$f(r_i) \equiv f(r_k) \pmod{n},$$

ebből következnék

$$a(r_i - r_k) \equiv 0 \pmod{n},$$

azaz

$$n \mid a(r_i - r_k);$$

mivel pedig a n-hez relatív prím, kellene, hogy

$$n \mid r_i - r_k,$$

ami ellenkezik azzal a feltevésünkkel, hogy (M) az n-nek teljes maradéksora.

Ha a és n legnagyobb közös osztója d és

$$a = a'd, \quad n = n'd$$

úgyhogy

$$(a', n') \sim 1,$$

ha továbbá

$$s_1, s_2, \ldots, s_{N(n')} \tag{S}$$

az $n' = \frac{n}{d}$ *teljes maradéksora, akkor már az*

$$f(s_1), f(s_2), \ldots, f(s_{N(n')}) \tag{h}$$

sorozat szolgáltatja az $f(x)$ lineár formának összes (mod n) *különböző helyettesítési értékeit.*

Ha ugyanis r_i az (R) sorozatnak tetszésszerinti száma, akkor ez az

$$r_i = n'q_i + s_{ki}$$

alakban írható, de akkor

$$f(r_i) \equiv an'q_i + as_{ki} + b =$$

$$= a'n + as_{ki} + b \equiv as_{ki} + b \equiv f(s_{ki}) \pmod{n},$$

úgy hogy

$$f(r_i) \equiv f(s_{ki}) \pmod{n},$$

azaz $f(x)$ bármely helyettesítési értéke már a (h) alatti sorozatban előfordul.

Hogy a (h) sorozat számai (mod n) különbözők, onnan derül ki, hogy az

$$f(s_i) \equiv f(s_k) \pmod{n}$$

kongruencia maga után vonná az

$$a'(s_i - s_k) \equiv 0 \pmod{n'}$$

kongruenciát és mivel a' és n' viszonylagos törzsszámok, innen

$$s_i \equiv s_k \pmod{n'}$$

következnék, ami ellenmondásban van azzal a ténnyel, hogy hogy (S) az n' modulusnak teljes maradéksora.

Innen az $ax+b$ forma értékkészletének mod n előállítására a következőkben fölhasználandó következő szabály adódik:

Ha a és n legnagyobb közös osztója d, akkor alakítsuk az $\frac{n}{d}$ modulus

$$s_1, s_2, \ldots, s_{N(\frac{n}{d})}$$

teljes maradéksorát, akkor az

$$as_k + b \qquad (k=1, 2, \ldots, N(\tfrac{n}{d}))$$

számok az $ax+b$ alaknak (mod n) *teljes értékkészletét szolgáltatják.*

2. Az $x^2 \equiv D \pmod{q^\alpha}$ kongruencia.

Legyen q páratlan komplex törzsszám és a D komplex szám q-hoz képest relatív prím, ha az

$$x^2 \equiv D \pmod{q}$$

megoldható, akkor D a $q = a + bi$ modulus quadratikus maradéka, különben D a q quadratikus nem-maradéka.

Ismeretes, hogy D akkor és csak akkor quadratikus maradék, ha

$$\left[\frac{D}{q}\right] = D^{\frac{N(q)-1}{2}} \equiv 1 \pmod{q}.^1$$

Könnyen kimutatható, *hogy ha D a q-nak quadratikus maradéka, hogy akkor az*

$$x^2 \equiv D \pmod{q^\alpha} \tag{4}$$

minden pozitív egész α kitevő mellett és hogy gyökeinek száma pontosan 2-vel egyenlő.

Az $\alpha=1$ esetre ez evidens. A tétel minden pozitív egész α kitevőre teljes indukcióval bebizonyítható. Tegyük föl, hogy az

$$x^2 \equiv D \pmod{q^{\alpha-1}} \tag{5}$$

---

[1] L. DIRICHLET's Werke I. k. pag. 551.

kongruenciára a tétel helyes és legyenek ennek gyökei ξ és $-\xi$, úgyhogy

$$\xi^2 - D = hq^{\alpha-1} \quad (h \text{ komplex egész szám}),$$

akkor könnyen kimutatható, hogy az

$$\eta = \pm\, \xi + q^{\alpha-1}y \tag{6}$$

kifejezésben y meghatározható úgy, hogy η a (4) alatti kongruencia gyöke legyen. Ugyanis

$$\eta^2 - D = \xi^2 \pm 2q^{\alpha-1}\xi y + q^{2\alpha-2}y^2 - D \equiv$$
$$\equiv hq^{\alpha-1} \pm 2q^{\alpha-1}\xi y \pmod{q^\alpha},$$

mert $2\alpha - 2 \geqq \alpha$, ha, amint feltettük, $\alpha > 1$. Ha y-t úgy határozzuk meg, hogy

$$\pm\, 2\xi y \equiv h \pmod{q}$$

legyen, ami lehetséges, mert 2ξ a q-hoz relatív prím, akkor

$$\eta^2 - D \equiv q^{\alpha-1}(h \pm 2\xi y) \equiv 0 \pmod{q^\alpha},$$

azaz η és $-\eta$ a (4) alatti kongruenciának gyökei. Mivel pedig az (4) alatti kongruencia összes gyökei az (5) alatti kongruenciát is kielégítik és így a (6) alatti számok között előfordulnak, η és $-\eta$ a (4) alatti kongruenciának már összes gyökei.

Ha

$$q = k = 1 + i$$

páros törzsszám, akkor az

$$x^2 \equiv D \pmod{k^\alpha} \tag{7}$$

kongruenciának viselkedése a racionális tartományban szereplő

$$x^2 \equiv D \pmod{2^\alpha}$$

kongruencia viselkedésétől lényegesen eltér.

Mivel itt — mint különben mindig — csakis olyan binom másodfokú kongruenciák szerepelnek, amelyeknél D a modulushoz képest relatív prím, a D-nek páratlan számnak kell lennie és vele együtt páratlan szám lesz a (7) alatti kongruencia minden gyöke is. Ha ξ ilyen gyök, akkor tehát ξ vagy ily alakú

$\xi = 2a + 1 + 2bi = 2(a+bi) + 1 = 2s + 1$ (s egész szám)
vagy pedig

$$\xi = 2a + (2b+1)i = 2(a+bi) + i = 2s + i$$

alakú. Az első esetben

$$D \equiv \xi^2 \equiv 4s^2 + 4s + 1 \equiv 1 \pmod{k^4} \qquad (F_1)$$

a második esetben

$$D \equiv \xi^2 \equiv 4s^2 + 4is - 1 \equiv -1 \pmod{k^4} \qquad (F_2).$$

Tehát a (7) alatti kongruencia csak akkor oldható meg, ha vagy az (F_1) vagy pedig az (F_2) alatti feltétel teljesül.

3. Az $x^2 \equiv 1 \pmod{k^\alpha}$ kongruencia.

Ez a kongruencia lényegesen más viselkedésű, mint a vele analog, a racionális tartományban szereplő

$$x^2 \equiv 1 \pmod{2^\alpha}$$

kongruenciáé. Míg ugyanis az utóbbi kongruencia gyökeinek száma a szerint, amint α értéke 1, 2 vagy 3-nál nem kisebb, 1, illetve 2, illetve 3, addig a címben szereplő kongruencia gyökeinek száma 1, 2, 4 vagy 8, a szerint, amint α értéke 1 vagy 2 és 3, vagy 4 vagy 5-nél nem kisebb.

Ha $\alpha = 1$, akkor a $k = 1+i$ teljes maradéksora

$$0, 1 \pmod{k}$$

és az

$$x^2 \equiv 1 \pmod{k^\alpha} \qquad (8)$$

egyetlen gyöke

$$x \equiv 1 \pmod{k}.$$

A gyökök száma tehát ebben az esetben

$$\sigma(k) = 1.$$

Ha $\alpha = 2$, akkor k^2 teljes maradéksora

$$0, 1, i, 1 + i \pmod{2i}$$

a (8) alatti kongruencia gyökei

$$x \equiv 1, i \pmod{2i},$$

tehát

$$\sigma(k^2) = 2.$$

Ha $\alpha=3$, akkor a $k^3=(1+i)^3=-2+2i$ teljes maradéksora

$$0, 1, 2, 3, i, 1+i, 2+i, 3+i \pmod{k^3}$$

és a (8) alatti kongruencia gyökei

$$x \equiv 1, 3 \pmod{k^3},$$

tehát

$$\sigma(k^3) = 2.$$

Ha $\alpha=4$, akkor $k^4=-4$ teljes maradéksora

$$\begin{array}{cccc} 0, & 1, & 2, & 3 \\ i, & 1+i, & 2+i, & 3+i \\ 2i, & 1+2i, & 2+2i, & 3+2i \\ 3i, & 1+3i, & 2+3i, & 3+3i \end{array} \pmod{-4}$$

es (8)-nak gyökei:

$$x \equiv 1, 3, 1+2i, 3+2i \pmod{k^4},$$

tehát a gyökök száma

$$\sigma(k^4) = 4.$$

Ha $\alpha=5$, akkor a $k^5=-4(1+i)$ maradéksora

$$\begin{array}{cccccccc} 0, & 1, & 2, & 3, & 4, & 5, & 6, & 7 \\ i, & 1+i, & 2+i, & 3+i, & 4+i, & 5+i, & 6+i, & 7+i \\ 2i, & 1+2i, & 2+2i, & 3+2i, & 4+2i, & 5+2i, & 6+2i, & 7+2i \\ 3i, & 1+3i, & 2+3i, & 3+3i, & 4+3i, & 5+3i, & 6+3i, & 7+3i \end{array}$$

e maradéksor számai közül csak az

$$x \equiv 1, 3, 5, 7, 1+2i, 3+2i, 5+2i, 7+2i \pmod{k^5}$$

számok tesznek eleget, tehát a (8) alatti kongruencia gyökeinek száma

$$\sigma(k^5) = 8.$$

Ugyancsak 8 gyök adódik az $\alpha=6$ esetben, amidőn hosszadalmasabb kísérletek alapján megállapítható, hogy az

$$x^2 \equiv 1 \pmod{k^6}$$

kongruenciának gyökei:

$$x \equiv 1,\ 3,\ 5,\ 7,\ 9,\ 1+4i,\ 3+4i,\ 7+4i \pmod{k^6}.$$

Az eddigi eredmények valószínűvé teszik, hogy a gyökök száma mindenkor 8-cal egyenlő valahányszor $\alpha>4$. Ez a valószínűség bizonyossággá fokozódik a következő megfontolások alapján. Legyen ξ az

$$x^2 \equiv 1 \pmod{k^\alpha}$$

kongruenciának tetszésszerinti gyöke, akkor

$$\xi^2 - 1 \equiv 0 \pmod{k^\alpha},$$

ahonnan

$$\frac{\xi-1}{k^2} \cdot \frac{\xi+1}{k^2} \equiv 0 \pmod{k^{\alpha-4}}, \qquad (A)$$

de mivel

$$\frac{\xi+1}{k^2} + \frac{\xi+1}{k^2} = \frac{2\xi}{k^2} = \frac{2\xi}{2i} = -i\xi$$

páratlan szám, mert ξ ilyen, azért az (A) alatti kongruencia baloldalán álló szorzatnak vagy az első vagy pedig a második tényezője osztható $k^{\alpha-4}$-nel, és így ξ vagy a

$$\xi \equiv 1 \pmod{k^{\alpha-2}}$$

vagy pedig a

$$\xi \equiv -1 \pmod{k^{\alpha-2}}$$

kongruenciának tesz eleget, tehát ξ vagy a

$$\xi \equiv 1 + k^{\alpha-2}u \qquad (l_1)$$

vagy pedig a

$$\xi = -1 + k^{\alpha-2}u \qquad (l_2)$$

lineár formák értékkészleteinek számértékét veszi fel. Hány lesz ezek közül (mod k^α) különböző? Erre választ szolgáltat az I. fejezet 5. pontjának végén fölállított szabály, amelynek értelmében a

$$\frac{k^\alpha}{(k^\alpha,\ k^{\alpha-2})} = \frac{k^\alpha}{k^{\alpha-2}} = k^2 = 2i$$

hányadosnak

$$0,\ 1,\ i,\ 1+i=k \pmod{2i}$$

teljes maradéksora képezendő és ennek értékei az (l_1) és (l_2) alatti kifejezésekben u helyébe helyettesítendők. Így a ξ számára a következő 8 (mod k^α) inkongruens érték adódik:

$$\xi \equiv 1,\quad 1+k^{\alpha-2},\quad 1+ik^{\alpha-2},\quad 1+k^{\alpha-1}$$
$$-1,\quad -1+k^{\alpha-2},\quad -1+ik^{\alpha-2},\quad -1+k^{\alpha-2} \pmod{k^\alpha},$$

tehát $\sigma(k^\alpha)$ csakugyan 8-cal egyenlő, amint ezt fent állítottuk.

Mivel az

$$x^2 \equiv -1 \pmod{k^\alpha} \tag{9}$$

kongruencia az

$$x = iy$$

helyettesítéssel átmegy az

$$y^2 \equiv 1 \pmod{k^\alpha}$$

kongruenciába, a 9 alatti kongruenciagyökének számosságára ugyanazok az eredmények állanak fenn, mint aminőket a (8) alattikongruenciára vonatkozóan levezettünk.

4. Az $x^2 \equiv D \pmod{k^\alpha}$ kongruencia.

Amint a II. fejezetben kimutattuk, az

$$x^2 \equiv D \pmod{k^\alpha} \tag{10}$$

kongruencia csak akkor oldható meg, ha

$$D \equiv \pm 1 \pmod{k^4}.$$

Ki fogjuk mutatni, hogy a megoldhatóságnak e szükséges feltétele egyszersmind elegendő is.

Az $\alpha=1, 2, 3, 4$ esetekben ezt az egyszerű próba mutatja. Ezekben az esetekben a gyökök száma $\sigma(k^\alpha)$ egyenlő 1, 2, 4 a szerint, amint $\alpha=1,\ 2$ vagy $3,\ 4$. Itt ismét bebizonyítható, *hogy valahányszor* $\alpha \geqq 5$ a (10) *alatti kongruencia megoldható és gyökeinek száma pontosan 8-cal egyenlő.*

Mindenekelőtt kimutatjuk, hogy a (10) alatti kongruencia megoldhatósága maga után vonja az

$$x^2 \equiv D \pmod{k^{\alpha+1}} \tag{11}$$

kongruenciának megoldhatóságát. Ha ugyanis

$$x \equiv a \pmod{k^\alpha}$$

a (10) alatti kongruenciának megoldása, akkor

$$a^2 = D + hk^\alpha \tag{12}$$

Az

$$\eta = a + k^{\alpha-1}y$$

kifejezést képezvén, könnyen kimutatható, hogy benne y úgy határozható meg, hogy η a (11) alatti kongruenciát kielégítse.

Ugyanis

$$\eta^2 - D = (a + k^{\alpha-1}y)^2 - D = a^2 - D + 2k^{\alpha-1}ay + k^{2\alpha-2}y^2,$$

mivel $\alpha > 2$

$$2\alpha - 2 > \alpha$$

és így a (12) alaitti egyenlőséget figyelembe véve

$$\eta^2 - D \equiv k^\alpha h + 2k^{\alpha-1}ay \pmod{k^\alpha},$$

mivel pedig

$$2 = \frac{k^2}{i} = -ik$$

$$\eta^2 - D \equiv k^\alpha [h - iay] \pmod{k^\alpha}. \tag{13}$$

Az

$$iay \equiv h \pmod{k} \tag{14}$$

kongruencia megoldható, mert ia k-val nem osztható. Ha y-nak a (14) alatti elsőfokú kongruenciából folyó értékét η kifejezésébe behelyettesítjük, a (13) alatti reláció mutatja, hogy

$$\eta^2 - D \equiv 0 \pmod{k^{\alpha+1}}$$

lesz, amivel ki van mutatva, hogy a történt föltevés mellett a (11) alatti kongruencia megoldható. Mivel pedig $\alpha = 4$ esetére a megoldhatóság ki van mutatva, ezzel be van bizonyítva, hogy

$$D \equiv \pm 1 \pmod{k^4} \tag{F}$$

teljesülésekor a (10) alatti kongruencia α bármely értéke mellett megoldható.

Hogy $\alpha \geqq 5$ esetére az

$$x^2 \equiv D \pmod{k^\alpha} \tag{10}$$

kongruenciának az (F) feltétel teljesülése esetében pontosan 8 gyöke van.

Ha ugyanis

$$x \equiv a \pmod{k^\alpha}$$

a (10) alatti kongruenciának egyik gyöke és ξ egy tetszésszerinti gyöke akkor

$$\xi^2 - a^2 = (\xi - a)(\xi + a) \equiv 0 \pmod{k^\alpha},$$

ahonnan

$$\frac{\xi - a}{k^2}, \quad \frac{\xi + a}{k^2} \equiv 0 \pmod{k^{\alpha-4}} \tag{B}$$

következik. A

$$\frac{\xi - a}{k^2} + \frac{\xi + a}{k^2} = \frac{2\xi}{k^2} = -i\xi$$

páratlan komplex szám, mert ξ mint a (10) alatti kongruencia gyöke, de akkor a (B) alatti kongruencia baloldalán álló $k^{\alpha-4}$-gyel osztható szorzatnak vagy az első vagy a második tényezője relatív prím $k^{\alpha-4}$-hez képest relatív prím és így e szorzatnak vagy a második vagy az első tényezője okvetlen $k^{\alpha-4}$, aminek következtében ξ vagy a

$$\xi \equiv -a \pmod{k^{\alpha-2}}$$

vagy pedig a

$$\xi \equiv a \pmod{k^{\alpha-2}}$$

kongruenciát kell hogy kielégítse. Tehát ξ csak a

$$\xi = -a + 2^{k-2}u$$

és

$$\xi = a + 2^{k-2}u$$

lineár formák értékkészleteiben szereplő értékeket veheti föl. Ezek közül pedig az I. fejezet 5. pontja értelmében (mod k^α) csak a

$$\xi \equiv -a, \; -a+k^{\alpha-2}, \; -a+ik^{\alpha-2}, \; a+k^{\alpha-i}$$
$$a, \; a+k^{\alpha-2}, \; a+ik^{\alpha-2}, \; a+k^{\alpha-1} \pmod{k^\alpha}$$

különbözők, amivel kimutattuk, hogy a (10) alatti kongruencia gyökeinek száma

$$\sigma(k^\alpha) = 8,$$

ha $a^4 \geqq 5$ és az (F) alatti feltétel ki van elégítve.

Az eddigiek alapján most már meghatározható az

$$x^2 \equiv D \pmod{n} \tag{15}$$

az n összetett modulusra vonatkozó kongruencia gyökeinek pontos száma, ha megoldhatóságának összes feltételei teljesülnek. Ha n törzstényezős előállítása

$$n = k^\alpha q_1^{\alpha_1} q_2^{\alpha_1} \dots q_r^{\alpha r}$$

ahol $k=1+i$; $q_1, q_2, \dots, q_r$ pedig páratlan komplex törzsszámok, akkor megoldhatóságának szükséges és elegendő feltételei (F) és

$$\left[\frac{D}{q_i}\right] = 1 \quad D \equiv \pm 1 \pmod{k^4} \quad {\scriptstyle (i=1,2,\dots,r)} \tag{F_1}$$

ahol a $\left[\frac{D}{q_i}\right]$ általánosított LEGENDRE-féle symbolumot a

$$\left[\frac{D}{q_i}\right] \equiv (-1)^{\frac{N(q_i)-1}{2}} \pmod{q_i}$$

kongruencia definiálja. Ha ezek a feltételek mind teljesülnek, akkor a (10) alatti kongruencia gyökeinek számát az I. fejezet 4. pontjában foglalt tétel értelmében a

$$\sigma(p) = \sigma(k_1^{\alpha_1})\, \sigma(q_1^{\alpha_1})\, \sigma(q_2^{\alpha_1}) \dots \sigma(q_r^{\alpha r})$$

képlet szolgáltatja. De mivel

$$\sigma(q_1^{\alpha_1}) = \sigma(q_2^{\alpha_1}) = \dots = \sigma(q_r^{\alpha r}) = 2,$$

végül a

$$\sigma(p) = \sigma(k^\alpha)\, 2^r \tag{16}$$

képlet adódik, amely mutatja, hogy a gyökök száma független a (F_1) feltételeket kielégítő törzsszámoktól és csak az α kitevőktől függő.

E képlet részletezése a következő eredményre vezet:

$$\begin{aligned}
&\text{Ha } \alpha = 0 \text{ akkor } \sigma(p) = 2^r. \\
&\text{Ha } \alpha = 1 \text{ akkor } \sigma(p) = 2^r \text{ , mert } \sigma(k) = 1 \\
&\text{Ha } \alpha = 2 \text{ akkor } \sigma(p) = 2^{r+1}, \text{ mert } \sigma(k^2) = 2 \\
&\text{Ha } \alpha = 3 \text{ akkor } \sigma(p) = 2^{r+1}, \text{ mert } \sigma(k^3) = 2 \\
&\text{Ha } \alpha = 4 \text{ akkor } \sigma(p) = 2^{r+2}, \text{ mert } \sigma(k^4) = 4 \\
&\text{Ha } \alpha \geqq 5 \text{ akkor } \sigma(p) = 2^{r+3}, \text{ mert } \sigma(k^\alpha) = 8.
\end{aligned} \tag{17}$$

5. Wilson tétele összetett modulus esetében.

Törzsszám modulus esetére WILSON tételének érvényessége rögtön következik a FERMAT-féle tételből, ha a q páratlan törzsszám redukált maradéksora

$$r_1, r_2, \ldots r_{N(q)-1},$$

akkor ennek minden száma kielégíti az

$$x^{\psi(q)} - 1 \equiv 0 \pmod{q}$$

FERMAT-féle kongruenciát, amelyben

$$\psi(q) = N(q)\left(1 - \frac{1}{N(q)}\right) = N(q) - 1,$$

de akkor az

$$x^{N(q)-1} - 1 \equiv (x - r_1)(x - r_2)\ldots(x - r_{N(q)-1}) \pmod{q}$$

kongruencia azonosan fennálló kongruenciából a

$$(-1)^{N(q)-1} r_1 r_2 \ldots r_{N(q)-1} \equiv -1 \pmod{q}$$

kongruencia következik és mivel a q páratlan törzsszám normája $N(q)$ páratlan racionális egész szám, tehát $N(q)-1$ páros és így

$$r_1 r_2 \ldots r_{N(q-1)} \equiv -1 \pmod{q}, \qquad (N)$$

ez a kongruencia tehát WILSON tételét fejezi ki

Ha $q=k$ páros törzsszámmal a (W) alatti kongruencia átmegy ebbe

$$1 \equiv -1 \pmod{1+i}$$

ez pedig, mivel $1+i$ a 2-nek osztója, helyes kongruencia. Tehát kimondhatjuk, hogy WILSON *tétele minden törzsszám-modulusra fennáll.*

Nem úgy áll a dolog, ha az n modulus az

$$n = k^{\alpha} q_1^{\alpha_1} q_2^{\alpha_2} \ldots q_r^{\alpha_r}$$

összetett számmal egyenlő. Ekkor, mint látni fogjuk, WILSON tétele az összetett modulusoknak csak bizonyos speciális típusaira áll fenn.

Ha n redukált maradéksora

$$r_1,\ r_2,\ldots,\ r_{\psi(n)} \tag{R}$$

akkor az

$$r_i x \equiv 1 \pmod{n}$$

kongruencia megoldható, mert $(r_i,\ n) \sim 1$. Ez a megoldás FERMAT tétele értelmében

$$r_i' \equiv r_i^{\psi(n)-1} \pmod{n}$$

és az r_i reciprok értékeinek nevezhető.

Most két eset lehetséges. Első eset: $r_i \pmod{n}$ r_i'-től különböző, ekkor a

$$P \equiv r_1 r_2 \ldots r_{\psi(n)} \pmod{n}$$

szorzatból ezek az r_i^2 tényezők mindannyian elhagyhatók, mert a szorzatuk a vele reciprok és P-ben szintén előforduló r_i' tényezővel (mod n) 1-et szolgáltat. Hátramaradnak a P szorzatban csak azok az r_j tényezők, amelyek önönmaguknak reciprok értékei és amelyek tehát az

$$x^2 \equiv 1 \pmod{n} \tag{18}$$

binom másodfokú konvergencia gyökei. Ezeknek száma a IV. fejezet (16) alatti egyenleténél fogva

$$\sigma(n) = \sigma(k^\alpha)\, 2^r.$$

Mivel r_k-val együtt $-r_k$ is gyöke a (18) alatti kongruenciának, mely (mod n) az r_k-től különböző, tehát P-ben szintén előfordul és mivel

$$r_k(-r_k) = -\,r_k^2 \equiv -\,1 \pmod{n},$$

azért

$$P \equiv (-1)^{\frac{\sigma(k^\alpha)2^r}{2}} \pmod{n},$$

ez pedig -1-gyel akkor és csak akkor kongruens (mod n), ha a

$$\frac{\sigma(k^\alpha)\, 2^r}{2}$$

kitevő páratlan. Ez pedig akkor fog bekövetkezni, ha

$$\begin{aligned} \alpha &= 0,\ r = 1 \\ \alpha &= 1,\ r = 1 \\ \alpha &= 2,\ r = 0 \\ \alpha &= 3,\ r = 0. \end{aligned}$$

Ennek következtében eredményként kimondhatjuk, hogy WILSON *tétele összetett modulus egyedül a*

$$q^\alpha,\ (1+i)\,q^\alpha,\ 2i,\ -2+2i \qquad (T)$$

típushoz tartozó összetett modulusokra áll fenn, ahol q páratlan törzsszám.

6. Összetett modulus quadratikus maradékainak száma.

Legyen ismét

$$n = k^\alpha q_1^{\alpha_1} q_2^{\alpha_2} \ldots q_r^{\alpha_r}$$

az n összetett modulusnak törzstényezős előállítása és legyen

$$D_1,\ D_2, \ldots,\ D_i, \ldots,\ D_M$$

az összes hozzá képest relatív prím quadratikus maradékai. Akkor

$$x^2 \equiv D_i \pmod{n} \qquad (i=1.\ 2, \ldots, M) \qquad (C)$$

az összes, az n modulusra vonatkoztatott, megoldható, másodfokú binom kongruenciák. A (C) alatti kongruenciák közül semelyik kettőnek közös gyöke nincs, mert a D_i számok (mod n különbözők. A (C) alatti kongruenciák összes gyökei

$$\xi_1,\ \xi_2, \ldots,\ \xi_{M\sigma(n)} \qquad (s)$$

oly sorozatot alkotnak, melynek számai (mod n) különbözők és mivel a D_i számok az n modulushoz képest viszonylagos törzsszámok, szintén n-hez relatív prímek. Tehát az (s) sorozat összes számai az n modulus

$$r_1,\ r_2, \ldots,\ r_{\psi(n)} \qquad (R)$$

redukált maradéksorában előfordulnak.

Mivel más oldalról r_i az

$$x^2 \equiv r_i^2 \pmod{n} \qquad ((i=1, 2, \ldots, \psi(n))$$

kongruenciát kielégíti azért minden r_i egyszersmind az (s) sorozatban is előfordul, de akkor

$$M\sigma(n) = \psi(n)$$

és így az n modulus quadratikus maradékainak száma

$$M = \frac{\psi(n)}{\sigma(n)}.$$

A quadratikus nemmaradékok számát, N-et, a

$$N = \psi(n) - \frac{\psi(n)}{\sigma n)}$$

képlet szolgáltatja.

Mikor lesz a maradékok és nemmaradékok száma megegyező, azaz

$$M = N?$$

Ez akkor fog bekövetkezni, midőn

$$\sigma(n) = 2,$$

úgyhogy ismét a

$$q^\alpha,\ (1+i)\,q^\alpha,\ 2i,\ -2+2i$$

(q bármilyen páratlan törzsszám)

az egyedüli összetett számok, amelyekre nézve a quadratikus maradékok és quadratikus nemmaradékok száma megegyező.

(A M. T. Akadémia III. osztályának 1936. május 11-én tartott üléséből.)

BEITRÄGE ZUR THEORIE DES GAUSS'SCHEN ZAHLKÖRPERS.

Von GUSTAV RADOS o. Mitglied.

Es sei die Primzahlzerlegung der zusammengesetzen ganzen komplexen Zahl

$$n = k^{\alpha} q_1^{\alpha_1} q_2^{\alpha_2} \dots q_r^{\alpha_r}$$

wobei $k = 1 + i$ die einzige gerade komplexe Primzahl, die q_j ungerade Primzahlen sind.

Im vorstehenden Aufsatz werden die notwendigen und hinreichenden Bedingunen für die Lösbarkeit der Kongruenz

$$x^2 \equiv D \pmod{n} \tag{1}$$

entwickelt. Diese sind:

$$D^{\frac{\text{Norm}(q_i)-1}{2}} \equiv 1 \pmod{q_i}_{(i=1,2,\dots,r)} \quad D \equiv \pm 1 \pmod{k^4}. \tag{B}$$

Ferner wird der Nachweis geführt, dass im Falle der Bedingungen (B) die Anzahl der Wurzeln von (1) gleich der Zahl

$$\sigma(n) = \sigma(k^{\alpha}) 2^r$$

ist, wobei

für $\alpha = 1$ $\sigma(k^{\alpha}) = 1$ ist
für $\alpha = 2$ $\sigma(k^{\alpha}) = 2$ «
für $\alpha = 3$ $\sigma(k^{\alpha}) = 2$ «
für $\alpha = 4$ $\sigma(k^{\alpha}) = 4$ «
für $\alpha \geqq 5$ $\sigma(k^{\alpha}) = 8$ «

Des Weiteren wird gezeigt, dass

$$q^{\alpha},\ (1+i)q^{\alpha},\ 2i,\ -2+2i$$

(q ist eine beliebige ungerade kompl. Primzahl,)

die einzigen zusammengesetzten complexen Zahlen sind, für die der Satz von WILSON in Geltung bleibt und für die ferner die Anzahl der quadratischen Reste und quadratischen Nicht-Reste übereinstimmt.

(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften vom 11. Mai 1936.)

DIRICHLET-SOROK ÉS HATVÁNYSOROK SZINGULARITÁSAIRÓL.

LIPKA ISTVÁN-tól.

Legyen

$$f(z) = a_0 + a_1 z + \cdots + a_n z^n + \cdots$$

az egységkörben konvergens hatványsor. A hatványsor által definiált függvénynek a VIVANTI—BOREL—DIENES-féle tétel szerint szinguláris helye a $z=1$ pont, ha az $f(z)$ együtthatói mind olyan szögtérbe esnek, amelynek nyílása kisebb, mint π. Ez a tétel A. PRINGSHEIM egy általános tételéből[1] könnyen levezethető. A VIVANTI—BOREL—DIENES-féle tétel DIRICHLET-sorokra is átvihető, a következőképpen: Legyen a

$$D(s) = \sum_{n=1}^{\infty} a_n e^{-\lambda_n s}, \quad 0 \leqq \lambda_1 < \lambda_2 < \cdots$$

DIRICHLET-sor konvergencia-félsíkja a $R(s) \geqq 0$ félsík. Ha $D(s)$ együtthatói egy olyan szögtérbe esnek, amelynek nyílása kisebb, mint π, akkor $s = 0$ pont szinguláris pontja $D(s)$ függvénynek (LANDAU—FEKETE tétele).[2] A következőkben olyan tételeket fogunk bebizonyítani, amelyek bizonyos szempontból kiegészítői az előbb idézett tételeknek.

I. tétel. *Legyen* $D(s) = \sum_{n=1}^{\infty} a_n e^{-\lambda_n s}$ DIRICHLET-*sor konvergencia-*

---

[1] E. LANDAU: Darstellung und Begründung einiger neuerer Ergebnisse der Funktionentheorie. 2. Aufl. (1929), 15. o.

[2] E. LANDAU: Über einen Satz von Tschebyschef, Math. Annalen 61 (1905), 534—537. o. M. FEKETE: Sur les séries de Dirichlet, Comptes rendus Paris 150 (1910), 1034—1035 o.

abscissája $\sigma=0$. *Essenek* $D(s)$ *együtthatói egy olyan körbe, amely áthalad a* $z=0$ *ponton. Legyen továbbá a* $D^*(s)=\sum_{n=1}^{\infty}|a_n|^2 e^{-\lambda_n s}$ DIRICHLET-*sor konvergencia-abscissája* $\sigma=0$, *akkor az* $s=0$ *pont szinguláris pontja* $D(s)$ *függvénynek.*

Bizonyítás. Tegyük fel, hogy az $s=0$ pontban $D(s)$ reguláris és fejtsük $D(s)$ függvényt TAYLOR-sorba az $s=1$ pont környezetében

$$D(1+h)=\sum_{\nu=0}^{\infty}{}' \frac{h^\nu}{\nu!} D^{(\nu)}(1).$$

Mivel az $s=0$ pontban $D(s)$ reguláris, az előbbi TAYLOR-sor konvergencia-körének sugara nagyobb, mint 1, ennélfogva a sor konvergens a $h=-(1+\varepsilon)$ helyen, ha ε elegendő kis pozitív szám. Tehát

$$\sum_{\nu=0}^{\infty}{}' (-1)^\nu \frac{(1+\varepsilon)^\nu}{\nu!} D^{(\nu)}(1)$$

sor konvergens. Mivel $D^{(\nu)}(s)=\sum_{n=1}^{\infty}{}'(-1)^\nu \lambda_n^\nu e^{-\lambda_n s} a_n$ azért

$$\sum_{\nu=0}^{\infty}{}' (-1)^\nu \frac{(1+\varepsilon)^\nu}{\nu!} D^{(\nu)}(1)=\sum_{\nu=0}^{\infty}{}' \frac{(1+\varepsilon)^\nu}{\nu!} \sum_{n=1}^{\infty}{}' \lambda_n^\nu e^{-\lambda_n} a_n \qquad (1)$$

kettőssor konvergens. Feltételünk szerint az a_n együtthatók egy olyan körben feküsznek, amely a $z=0$ ponton halad át. Legyen e kör átmérője d. Az általánosság megszorítása nélkül feltehetjük, hogy a kör középpontja a pozitív valós tengelyre esik (ellenkező esetben $D(s)$ helyett egy $e^{-i\varphi}D(s)$ függvényt tekintünk). Tehát a kör egyenlete $x^2+y^2-dx=0$; de feltételünk szerint a_n e kör belsejében fekszik, ennélfogva:

$$|a_n|^2 < d.R(a_n). \qquad (2)$$

Mivel a (1) alatti kettőssor konvergens, azért konvergens a következő kettőssor is:

$$\sum_{\nu=0}^{\infty}{}' \frac{(1+\varepsilon)^\nu}{\nu!} \sum_{n=1}^{\infty}{}' \lambda_n^\nu e^{-\lambda_n} R(a_n). \qquad (3)$$

Ebből meg a (2) szerint következik, hogy a

$$\sum_{\nu=0}^{\infty}{}' \frac{(1+\varepsilon)^\nu}{\nu!} \sum_{n=1}^{\infty}{}' \lambda_n^\nu e^{-\lambda_n} |a_n|^2$$

kettőssor is konvergens. Az utóbbi sor azonban abszolút konvergens, tehát átrendezhető a következővé:

$$\sum_{n=1}^{\infty}{}' |a_n|^2 e^{-\lambda_n} \sum_{\nu=0}^{\infty}{}' \frac{(1+\varepsilon)^\nu}{\nu!} \lambda_n^\nu =$$

$$= \sum_{n=1}^{\infty}{}' |a_n|^2 e^{-\lambda_n} e^{\lambda_n(1+\varepsilon)} = \sum_{n=1}^{\infty}{}' |a_n|^2 e^{\lambda_n \varepsilon} = D^*(-\varepsilon).$$

E szerint a $D^*(s)$ DIRICHLET-sor konvergens az $s = -\varepsilon$ helyen, ami feltételünkkel ellenkezik, tehát $s = 0$ szinguláris helye $D(s)$ függvénynek.

II. tétel. *Legyen* $D(s) = \sum_{n=1}^{\infty}{}' a_n e^{-n_\nu s}$ DIRICHLET-*sor konvergencia-abscissája* $\sigma = 0$, *és*

$$0 \leqq \lambda_1 < \lambda_2 < \cdots, \quad \frac{\lambda_\nu}{\log \nu} \underset{\nu \to \infty}{\longrightarrow} \infty,$$

továbbá essenek $D(s)$ *együtthatói egy* $a\ z = 0$ *ponton áthaladó körbe, akkor az* $s=0$ *pont, szinguláris helye* $D(s)$ *függvénynek.*

Bizonyítás. Mivel $\frac{\lambda_\nu}{\log \nu} \underset{\nu \to \infty}{\longrightarrow} \infty$, azért SZÁSZ OTTÓ-nak egy tétele szerint[3] $D(s)$ sor konvergencia-abscissája

$$\sigma = \limsup_{\nu \to \infty} \frac{\log |a_\nu|}{\lambda_\nu} = 0.$$

Az utóbbi tétel szerint a $\sum_{n=1}^{\infty}{}' |a_n|^2 e^{-\nu_n s}$ sor konvergencia-abscissája is nulla és így az I. tételből következik, hogy az $s=0$ pont szinguláris helye $D(s)$ függvénynek.

---

[3] SZÁSZ OTTÓ: Über Singularitäten von Potenzreihen und Dirichletschen Reihen am Rande des Konvergenzbereiches, Math. Annal. 85 (1922), 99—110. o., V. tétel.

III. tétel. *Ha* $\sum_{n=0}^{\infty} a_n z^n = f(z)$ *hatványsor konvergencia köre az egységkör és együtthatói egy a* $z=0$ *ponton áthaladó körbe esnek, akkor a* $z=1$ *pont szinguláris helye az* $f(z)$ *függvénynek.*

Bizonyítás. Legyen a II. tételben $\lambda_n = n$, és $e^{-s} = z$, akkor, mivel $\frac{\nu}{\log \nu} \underset{\nu \to \infty}{\longrightarrow} \infty$, következik, hogy a $z=1$ pont szinguláris helye $f(z)$-nek. Megjegyezzük, hogy az utóbbi tétel A. PRINGSHEIM idézett tételéből is levezethető, továbbá M. KÖSSLER egy általános tételéből is könnyen következik.[4]

IV. tétel. *A* $D(s) = \sum_{n=1}^{\infty} a_n e^{-\lambda_n s}$ DIRICHLET-*sor kitevőire álljon a következő feltétel:* $0 \leqq \lambda_1 < \lambda_2 < \lambda_3 < \cdots$, $\frac{\lambda_\nu}{\log \nu} \to \infty$. *A sor konvergencia-abscissája legyen* $\sigma = 0$. *Legyen* K *egy olyan kör, amely áthalad a* $z = 0$ *ponton és legyen* K' *egy olyan kör, amely a* K *kört a* $z=0$ *pontban kívülről érinti.* $D(s)$ *sor együtthatóira álljanak a következő feltételek:*

$a_1, a_2, \ldots, a_{q_1}$ *essék* K *kör belsejébe*
$a_{q_1+1}, a_{q_1+2}, \ldots, a_{q_2}$ « K' « «
$a_{q_2+1}, a_{q_2+2}, \ldots, a_{q_3}$ « K « «

é. í. t.

Legyen $\lim_{\nu \to \infty} \frac{\lambda_{q_\nu}}{\nu} = \infty$ *és létezzék egy pozitív* h *szám, melyre* $\lambda_{q_\nu+1} - \lambda_{q_\nu} > h$ $(\nu = 1, 2, \ldots)$. *Akkor az* $s = 0$ *pont szinguláris helye* $D(s)$ *függvénynek.*

Bizonyítás. Képezzük a következő transcendens egész függvényt:

$$G(z) = \prod_{\nu=1}^{\infty} \left\{ 1 - \frac{4z^2}{(\lambda_{q_\nu} + \lambda_{q_\nu+1})^2} \right\}.$$

SZÁSZ OTTÓ egy tétele szerint[5] a következő DIRICHLET-sor

$$K(s) = \sum_{\nu=1}^{\infty} a_\nu G(\lambda_\nu) e^{-\lambda_\nu s}$$

---

[4] M. KÖSSLER: On a generalization of Fabry's and Szász's theorems..., Proceed. Internat. Math. Congress Toronto I. (1928), 439—448. o., B. tétel.

[5] Ld. [3] l. j.; Hilfssatz 3.

konvergencia-abscissája szintén $\sigma = 0$. H. CRAMÉR egy tételéből [6] következik, hogy a $K(s)$ függvénynek a $\sigma = 0$ egyenesen fekvő bármely szinguláris pontja a $D(s)$ függvénynek is szinguláris pontja. A következőkben megmutatjuk, hogy az $s = 0$ pont szinguláris pontja a $K(s)$ függvénynek. Tegyük fel, hogy az $s=0$ pont reguláris pontja $K(s)$ függvénynek, akkor a (3) alatti képlet értelmében konvergens a következő kettőssor:

$$\sum_{\nu=0}^{\infty}{}' \frac{(1+\varepsilon)^\nu}{\nu!} \sum_{n=1}^{\infty}{}' \lambda_n^\nu e^{-\lambda_n} R(a_n)\, G(\lambda_n). \tag{4}$$

Az általánosság megszorítása nélkül feltehetjük, hogy az a_n együtthatókat tartalmazó K és K' körök sugara egyenlő, továbbá, hogy középpontjuk a valós tengelyre esik. Ekkor, mivel a

$$\lambda_{q_\nu} < \frac{\lambda_{q_\nu} + \lambda_{q_\nu+1}}{2} < \lambda_{q_\nu+1}$$

reláció értelmében, állanak a következő egyenlőtlenségek:

$$G(\lambda_1) > 0, \ldots, \quad G(\lambda_{q_1}) > 0, \quad G(\lambda_{q_1+1}) < 0, \ldots,$$
$$G(\lambda_{q_2}) < 0, \quad G(\lambda_{q_2+1}) > 0, \ldots,$$

a (4) alatti kettőssor a következő formában is írható

$$\sum_{\nu=0}^{\infty}{}' \frac{(1+\varepsilon)^\nu}{\nu!} \sum_{n=1}^{\infty}{}' \lambda_n^\nu e^{-\lambda_n} |R(a_n)| \cdot |G(\lambda_n)|.$$

Ebből pedig a (2) alatti egyenlőtlenség alkalmazásával nyerjük a következő konvergens kettőssort:

$$\sum_{\nu=0}^{\infty}{}' \frac{(1+\varepsilon)^\nu}{\nu!} \sum_{n=1}^{\infty}{}' \lambda_n^\nu e^{-\lambda_n} |a_n|^2 |G(\lambda_n)|. \tag{5}$$

Egy előbb idézett tétel szerint (ld.[5] lábjegyzet) áll a következő becslés:

$$|G(\lambda_n)| > e^{-\delta\lambda_n}$$

[6] H. CRAMÉR: Un théorème sur les séries de Dirichlet..., Arkiv för mat., astronomi och fysik, Stockholm, 13 (1918–19), Nr. 22.

bármely tetszésszerint megadott pozitív δ-ra és minden elegendő nagy n-re. E szerint (5)-ből nyerjük a következő konvergens kettőssort

$$\sum_{\nu=0}^{\infty}{}' \frac{(1+\varepsilon)^\nu}{\nu!} \sum_{n=1}^{\infty}{}' \lambda_n^\nu e^{-\lambda_n(1+\delta)} |a_n|^2,$$

mivel ez a sor abszolút konvergens, átrendezhető a következővé:

$$\sum_{n=1}^{\infty}{}' e^{-\lambda_n(1+\delta)} \cdot a_n \Big|^2 \sum_{\nu=0}^{\infty}{}' \frac{(1+\varepsilon)^\nu}{\nu!} \lambda_n^\nu =$$

$$= \sum_{n=1}^{\infty}{}' |a_n|^2 e^{-\lambda_n(1+\delta)} e^{\lambda_n(1+\varepsilon)} = \sum_{n=1}^{\infty}{}' |a_n|^2 e^{\lambda_n(\varepsilon-\delta)}.$$

Mivel δ pozitiv számot tetszésszerint megválaszthatjuk, legyen $\delta < \varepsilon$. Az előzőekben (ld. a II. tétel bizonyítását) azonban megmutattuk, hogy a $\sum_{n=0}^{\infty} |a_n|^2 e^{-\lambda_n s}$ DIRICHLET-sor konvergencia-abscissája szintén nulla, ha $\frac{\lambda_\nu}{\log \nu} \underset{\nu=\infty}{\longrightarrow} \infty$. E szerint az előbbi $\sum_{n=0}^{\infty}{}' |a_n|^2 e^{\lambda_n(\varepsilon-\delta)}$ sor nem lehet konvergens.

(A M. T. Akadémia III. osztályának 1936. május 11-én tartott üléséből.)

ÜBER SINGULARITÄTEN VON POTENZREIHEN UND DIRICHLETSCHEN REIHEN.

Von STEPHAN LIPKA.

Satz I. *Die* DIRICHLETsche *Reihe* $D(s)=\sum_{n=1}^{\infty} a_n e^{-\lambda_n s}$ *besitze die Konvergenzgerade* $\sigma=0$. *Liegen die Koeffizienten* a_n *in einem Kreise* $x^2+y^2+Ax+By=0$ *und besitzt die* DIRICHLETsche *Reihe* $\Sigma|a_n|^2 e^{-\lambda_n s}$ *ebenfalls die Konvergenzgerade* $\sigma=0$, *so ist* $s=0$ *eine singuläre Stelle der Funktion* $D(s)$.

Satz II. *Die* DIRICHLETsche *Reihe*

$$D(s)=\sum_{n=1}^{\infty} a_n e^{-\lambda_n s},\quad 0\leqq\lambda_1<\lambda_2<\cdots,\quad \frac{\lambda_\nu}{\log\nu}\underset{\nu\to\infty}{\longrightarrow}\infty$$

besitze die Konvergenzgerade $\sigma=0$. *Liegen die Koeffizienten* a_n *in einem Kreise* $x^2+y^2+Ax+By=0$, *so ist* $s=0$ *eine singuläre Stelle von* $D(s)$.

Als Spezialfall ergibt sich aus Satz II. folgende Ergänzung des Satzes von PRINGSHEIM—VIVANTI—BOREL—DIENES:

Satz III. *Besitzt die Potenzreihe* $f(z)=\sum_{n=0}^{\infty} a_n z^n$ *die Konvergenzkreis* $|z|<1$ *und liegen die* a_n *in einem Kreise* $x^2+y^2+Ax+By=0$ *so ist* $z=1$ *ein singulärer Punkt der Funktion* $f(z)$.

Satz IV. *Die* DIRICHLETsche *Reihe*

$$D(s)=\sum_{n=1}^{\infty} a_n e^{-\lambda_n s},\quad 0\leqq\lambda_1<\lambda_2<\cdots,\quad \frac{\lambda_\nu}{\log\nu}\underset{\nu\to\infty}{\longrightarrow}\infty$$

besitze die Konvergenzgerade $\sigma=0$. *Es seien* K *und* K' *zwei Kreisen, so dass* K *den Kreis* K' *im Punkte* $z=0$ *von aussen berührt. Die Koeffizienten*

$a_1, \quad a_2, \quad \ldots, \quad a_{q_1}$ *sollen im Kreise* K *liegen*
$a_{q_1+1}, \; a_{q_1+2}, \ldots, \; a_{q_2}$ « « « K' «
$a_{q_2+1}, \; a_{q_2+2}, \ldots, \; a_{q_3}$ « « « K «
u. s. w.

Ferner sei $\frac{\lambda_{q_\nu}}{\nu} \underset{\nu \to \infty}{\to} \infty$ *und es existiere eine positive Zahl* h *derart, dass* $\lambda_{q_\nu+1} - \lambda_{q_\nu} > h$ $(\nu = 1, 2, \ldots)$ *ist. Dann ist* $s = 0$ *eine singuläre Stelle der Funktion* $D(s)$. (Ergänzung eines Satzes von OTTO SZÁSZ).

(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften vom 11. Mai 1936.)

REGIOMONTANUS MAGYARORSZÁGON.

ZINNER ERNŐ egyetemi tanártól,
a bambergi Remeis-csillagvizsgálóintézet igazgatójától.

Magyarországban a renaissance a pozsonyi egyetem megalapításában és Mátyás király könyvtárában mutatkozott meg. Ama sok tudós közt, akik akkoriban Magyarországra jöttek, avagy műveiket a királynak megküldték, REGIOMONTANUS áll első helyen, aki 1436 június 6-án született Königsbergben vagy a mellette lévő frankoniai Unfinden nevű faluban, s mivel molnárnak a fia volt, ezért németül KÖNIGSBERGI MÜLLER JÁNOSnak hívták; innen eredt tudós neve is: REGIOMONTANUS. Eleinte Lipcsében tanult, azután pedig Bécsben PEUERBACH GYÖRGYnél, a humanismus jeles képviselőjénél, s arra törekedett, hogy a csillagászatot a görög tudósok és csillagászok ismereteinek felújításával megreformálja. REGIOMONTANUS 21 éves korában a bécsi egyetemen magister lett s ebben a minőségében előadásokat is tartott mindaddig, amíg későbbi tudományos pártfogója: BESSARION bíboros Bécsbe nem jött, ahol PEUERBACHchal és REGIOMONTANUSszal megismerkedett s őket felszólította, kísérjék el őt Olaszországba a görög nyelv elsajátítása és az akkori csillagászat alapjának, PTOLEMAEUS kézikönyvének latin nyelvre való lefordítása céljából. Minthogy PEUERBACH még az utazás megkezdése előtt meghalt, ezért tanítványa, REGIOMONTANUS egyedül utazott a bíborossal 1461-ben Olaszországba, ahol megtanult görögül és alaposan megismerkedett az ókori tudományokkal, amiről 1464-ben Páduában előadást is tartott ALFRAGANUS ismertetésével kapcsolatosan. Görög kéziratokat a bíborostól kapott ajándékba s így becses könyvek birtokába jutott. E mellett megvetette háromszögtanával a későbbi geometria alapjait s a kör négyszögesítésére vonatkozó vizsgálataival

és BLANCHINUS JÁNOSsal, valamint SPEIERI JAKABbal folytatott levelezésével éleseszű gondolkozónak bizonyult. Ezenkívül megfigyelte a bolygókat s ahhoz a fontos megállapodáshoz jutott, hogy az a világrendszer, amely az ókorból fennmaradt, nem felel meg a valóságnak.

1467-ben elfogadta Vitéz János érsek meghívását, hogy mathematikát és csillagászatot adjon elő az akkoriban Pozsonyban alapított egyetemen s ezzel megkezdte négyévi működését Magyarországon. Mielőtt erre rátérnénk, röviden emlékezzünk meg utolsó életéveiről, mert a fáradhatatlan tudós már 40 éves korában meghalt. Magyarországból 1471-ben Nürnbergbe költözött, ahol hosszú megfigyelési sorozattal meg akarta vetni a bolygóelmélet reformjának alapjait. Meg is kezdte a megfigyeléseket, melyeket tanítványa, WALTHER BERNÁT 1504-ig folytatott. Ez az első megfigyelési sorozat Európában, amely a megfigyelések pontosságával, valamint a megfigyelési körülményeknek, így az időjárásnak is gondos tekintetbevételével tűnik ki. REGIOMONTANUS Magyarországon megfigyelte az 1472. évi üstököst is és mint első kísérelte meg kiszámítani annak távolságát és nagyságát. E mellett megvalósította egy másik szándékát is: nyomtatásban sokszorosította a legfontosabb mathematikai és csillagászati műveket. Mindaddig még nem jelentek meg nyomtatásban ilyen művek, mert szedésük túlnagy nehézségekbe ütközött s alighanem ezért nyomatta ki a saját vezetése alatti nyomdában ezeket a könyveket. Ezek közül különös nevezetességre és becsre tettek szert és egész Európában elterjedtek a Kalendáriumai és az Ephemerides c. művei, melyeket Almanachoknak is neveztek.

REGIOMONTANUS nem élte meg könyveinek nagy sikerét. IV. Sixtus pápa a naptárreform céljából Rómába rendelte és REGIOMONTANUS e meghívásnak 1475-ben — bizonyára kelletlenül — eleget is tett. Már a következő évben, 1476 július 6-án meghalt Rómában, valószínűleg az akkoriban ott pusztító pestisben. REGIOMONTANUS kimagaslott mint megfigyelő s mint alapvető táblázatok kiszámítója, aki igen jól ismerte a legfontosabb csillagászati és mathematikai műveket; az ókor megújhodására gyakorolt befolyása olyan nagy volt, hogy az antik művek modern kiadásaiban is figyelemre szokták méltatni az ő megjegyzéseit.

Hogyan került Regiomontanus Magyarországba? Már említettük: Vitéz János hívta ide. Ez a főpap, aki 1445—65-ig nagyváradi püspök és 1465—72-ig esztergomi érsek és hercegprímás volt, már Peuerbachchal szemben is kimutatta a kegyeit, aki viszont neki ajánlotta a mértani négyszögről írt művét. Minthogy ezt Gnomon geometricusnak is nevezték, tévesen azt gondolták, hogy itt valamilyen napóráról van szo, holott az tulajdonképpen magasságmérésre való négyszögletes műszer volt. Amint az ajánlásból kiderült, az ehhez mellékelt műszer fából készült. Peuerbach azonban az ajánlásban ezt jegyezte meg: «Ha úgy kívánod, akkor készíttetek egy másik műszert fémből könnyebb és kényelmesebb használatra; mert amikor a kész műszerrel néhány magasságmeghatározási megfigyelést végeztem, eszembe ötlött, hogy hogyan lehetne azt alkalmasabban elkészíteni. Csak gyakorlat révén leszünk okosabbak». Peuerbach a napfogyatkozások kiszámítására szolgáló tábláit, amelyek a nagyváradi délkörre vannak kiszámítva, szintén Vitéz Jánosnak ajánlotta. Alig lehet feltételezni, hogy Peuerbach előzetesen csillagászati megfigyelésekkel állapította volna meg Nagyvárad földrajzi elhelyezését. Alighanem valamely térképből írta ki Nagyvárad hosszúságát és szélességét.

Nemsokára Vitéz János is Regiomontanus pártfogói sorához csatlakozott. Regiomontanus már 1467-ben neki ajánlotta az ő Tabulae directionum című művét. Miként az előszóban említi, Vitéz János azért hívta őt meg, hogy a quadrivium tantárgyait (quadruviales facultates) tanítsa az egyetemen. Amikor ideérkezett, megbízták e táblák kiszámításával. Ezt a feladatot Esztergomban, 1467-ben el is végezte. Mik voltak ezek a Tabulae directionum? Vitéz óhajának megfelelően horoskop kiszámítására és magyarázatára valók voltak. E célnak meg is feleltek, mégpedig olyan jól, hogy majdnem kizárólag ezeket használták a XVII. századig, amiről az is tanúskodik, hogy számos kiadást értek meg. Bizonyára nemcsak használhatóságuk és a magyarázatok könnyű érthetősége miatt kedvelték e táblákat, hanem a miatt is, mert Regiomontanus új módszert vezetett be az égboltozat 12 «házának» elosztására, ami gyors munkát tett lehetővé. Ezen táblák között van a tabula foecunda is, azaz a tangenstábla, amellyel itt találkozunk először Európában. A Tabula primi mobilis, amelyet Regiomontanus

Mátyás királynak ajánlott, éppoly messze meghaladta Vitéz János követelményeit, mint a Tabulae directionum. A Tabula primi mobilis már nem a középkori tudomány folytatása, hanem egy új tudománynak, a gömbháromszögmértannak (sphaerikus trigonometria) a megalapítása; ezért a mathematika történetével foglalkozó összes művek magasztalólag említik ezt a táblázatos munkát. Maga a tábla a derékszögű sphaerikus háromszögön az oldalak és szögek kiszámítására szolgál.

Budán, 1468-ban számította ki REGIOMONTANUS az első modern sinustáblát, melyben 90° sinus 10 millióra van megállapítva. 1469-ben egyik művét az érseknek ajánlotta; e mű egy megfigyelő műszerről, a torquetumról szól, amely a bolygók megfigyelésére való.

Vajjon REGIOMONTANUS tanított-e az új egyetemen, nem állapítható meg. Minden adat csak Vitézre és Mátyásra, valamint Esztergomra utal, ahol REGIOMONTANUS 1467-ben számításokat és 1471-ben megfigyeléseket végzett; nincs azonban utalás Pozsonyra. Ezzel szemben az volt a vélelem, hogy nemcsak előadásokat tartott, hanem hogy az egyetem horoskopja is tőle ered. (SCHÖNEBAUM, 55. lap.) Hogyan áll az ügy ezzel a horoskoppal, amely miatt némelyek kedvezőtlen véleményt alkottak REGIOMONTANUSról (THORNDIKE, IV. 420)? A bécsi Nationalbibliothek lat. 24. (fol. 212) jelzésű kéziratában, amely azonos a bécsi városi könyvtár állítólagos Plinius-codexével és amely 1467 március 7-én készült el, egy utólagos bejegyzés alakjában olvasható a bécsi egyetemnek az 1467 június hó 5-én végbement megnyitása és ott van a horoskop képe is minden magyarázat nélkül. Kiszámítója nincsen megemlítve. REGIOMONTANUS nem jön szóba, mert különben Tabulae directionum című művében példaként említette volna ezt a horoskopot. REGIOMONTANUS mellett ILKUSCH MÁRTONT is említik, mint ennek a horoskopnak a kiszámítóját. ILKUSCH 1456-ban lett magister a krakói egyetemen, 1468-ban görzi főesperes és zágrábi kanonok, 1472-ben Budán plébános s a theologia, valamint «a tudományok tanára». Egyszersmind udvari csillagjósként is működött Mátyás király szolgálatában, akinek megmagyarázta az 1468. és 1472. évi üstökös jelentőségét. A király tanácsadói közé tartozott GALEOTTO MERZIO DA NARNI nevű olasz tudós is, aki 1468-ban Pozsonyban tartózkodott, 1470-ben egy astrologiai

művet ajánlott az érseknek és 1485-ben jelentést írt Mátyás király viselt dolgairól. Más olaszok is ajánlottak a királynak astrologiai műveket, így ANTONIUS DE CAMERA az 1466. évnek, EUSTACHIUS CANDIDI bolognai kanonok az 1468. évnek astrologiai jelentőségéről; MARSILIO FICINO különböző műveket az álmokról és a mágiáról, valamint 1489-ben egy astrologiai művet, ANTONIO TORQUATO jóslásokat az 1480—1540. évekre. 1485-ben BOROSZLÓI MIHÁLY állított horoskopot a királynak.

REGIOMONTANUS 1471-ben még a király szolgálatában állott; hogy milyen állást töltött be, azt nem tudjuk. GASSENDI közölte, hogy a király különös előszeretettel viseltetett REGIOMONTANUS iránt; Mátyás király állítólag mindig meghívta őt asztalához és az ő számára rendeztette be a budai könyvtárt. E könyvtár részére a király állítólag sok görög kéziratot vásároltatott Törökországban; ez azonban nem valószínű, mert REGIOMONTANUS nem tartozott a király könyvtárosai közé. Talán tanácsot adott a királynak fontos kéziratok vásárlásánál. Ismeretes, hogy Mátyás király mennyire szerette a pompás kéziratokat; főleg olasz művészekkel szép másolatokat készíttetett az ismert művekről. Ide tartozik REGIOMONTANUSnak Tabula primi mobilis című műve, az a kézirat, amelyet PTOLOMAEUS kézikönyvéből készített, valamint PTOLEMAEUS kézikönyve TRAPEZUNT fordításában.

REGIOMONTANUS a Tabula primi mobilis című művén kívül a királynak ajánlotta a Regula Ptolemaei-ról írt művét is. Állítólag segélyt nyujtott a királynak egyszer súlyos szívgyengeségi állapota alkalmával is, amikor az orvosok hiába keresték a betegség okát. Mint REINHOLD említi, REGIOMONTANUS felismerte, hogy egy fogyatkozásnak a rossz befolyása volt a szívgyengeség oka és ezért azt tanácsolta, hogy kellemes ételekkel kell a király szívét erősíteni, mire a király meggyógyult s REGIOMONTANUST megajándékozta. Ezzel a közléssel érdemes bővebben is foglalkozni. Melyik fogyatkozásról lehetett akkoriban szó? Napfogyatkozás nem lehetett az 1467—71. években; ellenben lehetséges, hogy az 1468 augusztus 4-i és az 1469 január 27-i teljes holdfogyatkozások egyikéről van itt szó. Nos, ILKUSCH az 1468. évi üstökös magyarázatából bajt jósolt Mátyás királynak 1469 január hónapjára. Ezért lehetséges, hogy összefüggésbe hozták ezt a figyelmeztetést a holdfogyatkozással s a

király szívgyengeségével és REGIOMONTANUSnak tulajdonították az említett tanácsot, holott REGIOMONTANUS műveiben nincs említve az eset.

Némely helyen olvasható, hogy REGIOMONTANUS állítólag Buda város számára számította ki az Ephemerideseit s hogy ezeket a királynak ajánlotta volna. Mint BAILLY említi, Mátyás király állítólag 1200 aranyat adott értük. Az egyes Ephemerideseket állítólag 12 magyar aranyért adták el. Sajnos, ezek az állítások az ellenőrzés alkalmával nem bizonyultak helytállóknak. REGIOMONTANUS nem Budára vonatkozólag számította ki és nem a királynak ajánlotta az Ephemerideseket, amint ez az 1474. évi első kiadásból könnyen megállapítható. Ennek megfelelően nem volt oka a királynak arra, hogy értük külön ajándékot adjon.

Hogy REGIOMONTANUS csakugyan a király szolgálatában állott, erről ő maga tanúskodik 1471 július 4-én kelt levelében, ha nem is beszél arról, hogy mekkora fizetése volt. Ugyanez olvasható SCHEDELnek 1493. évi Krónikájában. REINHOLD szerint évi kétszáz magyar dukát arany volt a fizetése; de talán csak Nürnbergből származó mende-mondán alapszik ez az adat. Egykorú adat szerint REGIOMONTANUS észlelő műszereket állított elő a király részére. Ily módon az ILKUSCH vagy maga a király által a krakói egyetemnek ajándékozott, de eddig alig-alig ismeretes műszerek eredete nyilván REGIOMONTANUSra vezethető vissza és biztosan reája a már nem egészen teljes torquetumé. Több más műszer, főleg azonban az 1480. évi égi globus s az 1486-i astrolabium nyilván szintén REGIOMONTANUS kezdeményezésének köszönik lételüket, mert ezek is a csupán Bécsben ismert napórát és declinatiós iránytűt tüntetik fel. És ugyanezen eset áll fenn a két napórával, melyek egyike a kassai székesegyházon, a másika a szepesváraljai püspöki templomon látható és 1477-es évszámuk szerint Mátyás uralkodása alatt készültek. REGIOMONTANUS 1472 tavaszán elhagyta Magyarországot, hogy Nürnbergbe költözzék. Ennek okául azt hozta fel, hogy nemrégiben a király jelenlétében szóbakerült egy az 1470. évre szóló olasz eredetű jóslás, amely nyilván téves adatokat tartalmazott a bekövetkezendő égi eseményekről, úgyhogy következményszerűleg kellett tévesnek lennie a vele összefüggő jóslatnak is. Ez azután általános elégedetlenségre

vezetett a csillagászattal és ennek képviselőivel szemben, akik nyilván nem értenek oly jól a jövendő megjósolásához, mint a régi csillagászok. Ezután REGIOMONTANUS elmagyarázta az olasz jóslás ismeretes módját s hozzátette, hogy a bolygók mozgása egyelőre még nem olyan jól ismert, hogy arra helyes jóslásokat lehetne alapítani, hanem előbb pontos megfigyelésekkel kellene tanulmányozni a bolygók mozgását. Ehhez azonban *egy* megfigyelő képessége nem elégséges. Amidőn aztán megkérdezték REGIOMONTANUST, hogy hol volnának ilyen megfigyelők, azt válaszolta, hogy ilyen megfigyelő RODER KERESZTÉLY magister Erfurtban. Erre azután a király beleegyezésével Nürnbergbe költözött REGIOMONTANUS, hogy ebben a kedvező fekvésű kereskedelmi városban, amelyben ügyes kézművesek vannak, megfigyelje a szükséges égijelenségeket. Szándékában volt továbbá a legfontosabb csillagászati és mathematikai műveket nyomtatásban kiadni. És itt sejteni engedte, hogy a háborús zajtól távol szeretné végrehajtani a munkálatait. Ezzel talán összefüggésben állott az, hogy az ő két pártfogója, Mátyás király és Vitéz János közt megszűnt a jó viszony. REGIOMONTANUS aligha maradt hosszabb ideig Nürnbergben a király szolgálatában, mert különben a királynak ajánlotta volna egyik kinyomtatott művét. Úgy látszik, ezzel véget is ért a viszony REGIOMONTANUS és Mátyás király közt. REGIOMONTANUS halála után a király 1478-ban és 1479-ben érdeklődött Nürnberg város tanácsánál a hátrahagyott könyvek iránt. Úgy látszik, nem kapta meg azokat, mert WALTHER megelőzte őt.

Néhány évvel később TOLLHOPF JÁNOS lipcsei tanár állott Mátyás király kegyében, TOLLHOPF egyik írását, a «Stellariumot» a királynak ajánlotta s ebben a műben ismertette, hogy miként kell kiszámítani a táblázatok segélyével a Budára és az 1463. évre vonatkozólag a bolygók mozgását. Minthogy az ebben a műben említett példák az 1479. és 1480. évre érvényesek, ezért valószínű, hogy TOLLHOPF akkoriban írta ezt a művet és az ajánlást is. A mű végén a bolygórendszert ábrázolta s alighanem ezt ábrázolta a budai királyi várkastély mennyezetképe is, amelyet sokkal később SCHWEIGER látott Budán.

Mint ismeretes, Mátyás király alkotásai nem maradtak fenn sokáig. Az egyetem nemsokára megszűnt; a híres könyvtár könyvei

szétszóródtak s a várkastélyt feldúlták. Úgy látszik, a csillagászati műszerek is eltűntek. 1469-ben egy éggömböt készítettek, amelyet 1573-ban még látni lehetett a várkastélyban.

Irodalom.

1. Bailly, M. Histoire de l'astronomie moderne. T. I. Paris, 1779.

2. Ludwig Birkenmajer. Marcin Bylica z Olkusza. Krakow, 1892.

3. Curtze, M.: Der Briefwechsel Regiomontans mit Giovanni Bianchini, Jacob von Speier und Christian Roder. (Abhandl. z. Geschichte d. mathem. Wissenschaften 12 (Leipzig 1902) S. 185—336.

4. Doppelmayr, Joh. Gabriel: Historische Nachricht von den Nürnbergischen Mathematicis und Künstlern. Nürnberg 1730.

5. W. Fraknói, J. Fogel, P. Gulyás, E. Hofmann: Bibliotheca Corvina, Budapest 1927.

6. Gassendi, P.: Tychonis Brahei, equitis dani, astrorum Coryphaei, vita. Accessit Nicolai Copernici, Georgii Peurbachii, et Joannis Regiomontani, Astronomorum celebrium, vita. Hagae 1655.

7. Helevy, A. de: La bibliothèque du roi Matthias Corvin. Paris 1923.

8. Kelényi, B. Otto: Geschichte der ungarischen Astronomie Astronom. Abhandl. d. K. Ung. Astrophysik. Observatoriums von Konkoly's Stiftung in Budapest—Svábhegy, Bd. I, Nr. 2) Budapest, 1930.

9. Petz, H.: Urkundliche Nachrichten über den literarischen Nachlass Regiomontans und B. Walthers 1478—1522 (Mitteilungen d. Vereins f. Geschichte d. Stadt Nürnberg 7, S. 237—262) Nürnberg, 1888.

10. Phares, Symon de: Recueil des plus célèbres astrologues et quelques hommes dochtes, publié par Dr. E. Wickersheimer. Paris, 1929.

11. Ramus, P.: Scholarum mathematicarum libri 31. Basileae 1569.

12. Reinhold, Erasmus: Oratio de Ioanne Regiomontano Mathematico (L. Melanchthon, Selectae declamationes, L. III) Basileae 1551, S. 503—519.

13. Schedel, Hartmann: Buch der Chroniken. Nürnberg 1493.

14. Tannstetter, G.: Tabulae eclypsium magistri Georgij Peurbachii. Tabula primi mobilis Joannis de Monte regio. Viennae 1514.

15. Tass, A.: Die Sternkunde in Ungarn (Bulletin des sciences historiques).

16. Thorndike, L.: A history of magic and experimental science, vol. IV. New York 1934.

(A M. T. Akadémia III. osztályának 1936. június 8-án tartott üléséből.)

REGIOMONTANUS IN UNGARN.

Von Prof. E. ZINNER (Bamberg).

GEORG PEUERBACH hatte für JOHANN VITÉZ Finsternistafeln berechnet. Sein Schüler REGIOMONTANUS wurde 1467 vom Erzbischof VITÉZ als Lehrer an die neugegründete Universität in Pressburg berufen; eine Lehrtätigkeit lässt sich nicht nachweisen. Er berechnete 1467 für ihn die Tabulae directionum und widmete ihm 1469 eine Schrift über das torquetum. Für König Matthias Corvinus stellte er die Tabula primi mobilis und eine Schrift über die Regula Ptolemaei her; ferner verfertigte er für ihn astronomische Instrumente, die jetzt in Krakau aufbewahrt werden. In Buda berechnete er 1468 die Sinustafel, worin sinus 90° zu 10 Millionen gesetzt ist. Zweifelhaft erscheint die Erzählung, dass er sich astrologisch betätigt habe. Die Behauptung, dass er das Horoskop der Universität Pressburg berechnet habe, stellte sich als falsch heraus; ebenso erscheinen die Erzählungen vom grossen Preis der Ephemeriden und vom königlichen Preis dafür nicht begründet. Neben REGIOMONTAN wurden die Gelehrten MARTIN ILKUSCH, GALEOTTO MARZIO DA NARNI, ANTONIO DE CAMERA, EUSTACHIO CANDIDI, MARSILIO FICINO, ANTONIO TORQUATO und MICHAEL VON BRESLAU erwähnt, die dem König oder dem Erzbischof hauptsächlich astrologische Werke widmeten.

Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften vom 8. Juni 1936.)

SACHLICHE BEWEISE BEI DER KLÄRUNG VON TODESFÄLLEN CÍMŰ KÖNYVÉNEK ÉS A TÖRVÉNYSZÉKI ORVOSTAN ÚJABB IRÁNYÁNAK ISMERTETÉSE.[1]

KENYERES BALÁZS rendes tagtól.

Tizennyolc esztendővel ezelőtt részesültem abban a szerencsében, hogy a Magyar Tudományos Akadémia levelező tagjává megválasztott. Székfoglaló előadásomban mélységes hálám kifejezésre juttatása mellett szóltam a törvényszéki orvostan kötelességeiről és ezek teljesítésének feltételeiről.

Ma, amikor a Gondviselés jóvoltából újból alkalmam van most már rendes taggá történt megválasztásomért mélységes hálám nyilvánítására, kötelességemnek érzem belekapcsolódva megelőző székfoglalómba, annak mintegy folytatásaként felvetni a kérdést, vajjon teljesítette-e a közbeeső időben a törvényszéki orvostan kötelességeit, módosultak-e kötelességteljesíthetésének feltételei, és amennyiben változás állott be, volt-e ebben része a törvényszéki orvostan magyar munkásainak.

Bel- és külföldön, előszóval és nyomtatásban ismételten hangoztattam azt a ránk nézve örvendetes tényt, hogy a törvényszéki orvostan felkarolásával nemzetünk megelőzte a világ többi nemzeteit. Hozzátettem, hogy ebben a törekvésben a nyomunkba sietett a Monarchiának másik fele. Egyetemünkön a törvényszéki orvostant tanították már akkor, amikor orvosi karának csak négy tanára volt. 1793-ban a helytartótanács elrendelte, hogy a pesti egyetemen a Medicina Forensisnek, tehát a törvényszéki orvostannak és a Policia Medicának, az orvosi rendészetnek tanszéket állítsanak és hogy azontúl ezek is tárgyai legyenek az orvosi szigor-

[1] Walter d. Gruyter. Berlin, 1935.

latoknak. Aránylag korán, a 70-es évek elején az orvosi rendészet lekapcsolásával a törvényszéki orvostan elnyerte teljes függetlenségét. Ugyanezek a rendelkezések tíz esztendővel később, 1804-től kezdve érvényesültek a Monarchia másik felének egyetemein. A kedvező fordulat nemsokára latin, német, magyar nyelven megjelent aránylag nagyszámú tankönyvet eredményezett, folyóiratokban aránylag nagyszámú közleményt indított. Felfedezők is akadtak szakmánknak területén. Már 1670-ben, tehát a törvényszéki orvostan függetlenítése előtt ajánlotta Rayger Károly pozsonyi főorvos a törvényszéki orvosi gyakorlatnak fényesen bevált, ma is általánosan használt próbáját, az újszülöttek élveszületése tekintetében tájékoztató tüdőpróbát. 1868-ban Feletár Emil a törvényszéki orvostan egyik mellékhajtásának, a törvényszéki vegytannak érdemes munkása felfedezte és részletesen ismertette a csongrádi törvényszéknek Dobozi Júlia ellen folyó mérgezési bűnügyében adott véleményében, hogy a holttestekben állás közben, feloszlás folytán az alkaloidákhoz hasonló mérgek, úgynevezett ptomainok képződnek, aminek érdemét az orvosi történelem Selmi olasz vizsgálónak tudja be, aki négy évvel később adta tudtul a világnak ugyanezt. 1888-ban megnyílt Budapesten a világ legnagyobb és anyaggal legbőségesebben ellátott törvényszéki orvostani intézete. Egészen különleges alkotásokat is léptetett életbe hazánk 1895-ben az Igazságügyi Orvosi Tanács felállításával. 1900-ban a törvényszéki orvosi képesítő vizsgák rendszeresítésével.

Ma már a világ kezdeményezésünket elismeri, csak egyetlen nemzet akad, amely azt megtagadva magának követeli. Keleti szomszédunk, az a szomszédunk, amelyik elvette tőlünk Kincses Kolozsvárt, Kincses Kolozsvárral annak egyetemét és egyetemével törvényszéki orvostani intézetét, igyekszik tőlünk eltulajdonítani a kezdeményezés érdemét. Mina Minovici, a bukaresti egyetem tanára, a Rockefeller-alapítvány által kiadott «Methods end Problems of Medical Education» című gyüjtőmunkájának kilencedik kötetében, amely a törvényszéki orvostani intézeteket és azok működését ismerteti, a 179. lapon szóról szóra a következőket mondja: «Amint már mondottam, Roumania volt az első ország, amely a szociális igazságszolgáltatást megajándékozta egy olyan szervezettel, amely egyesíti mindazokat a feltételeket, amelyeket

a törvényszéki orvostan tudományos és gyakorlati igényei megkívánnak. Mi megszereztük és megtartottuk ezt az elsőbbséget nemcsak Európában, de az egész világon. Valóban egyetlen hasonló intézetnek, még azoknak, amelyeknek a miénk szolgált mintául, sincsen meg a mi felszerelésünk. És az idegen nemcsak a rendszert, de a tanítás anyagát is mitőlünk vette kölcsön». Megemlíti folytatólag 1928-ban megjelent közleményében, hogy a bukaresti intézet 36 esztendőn keresztül, tehát 1892 óta szolgált mintául más országoknak s hogy boncolásainak száma évenkint az ezret megközelíti. Megfeledkezik arról, hogy úgy a budapesti, mint a kolozsvári intézet már 1888-ban megnyílt és hogy a budapesti intézetnek boncolásai évente ezren jóval felül emelkednek, amit külföldi szaklapok ismételten közöltek.

Az apával egyező nyomokon jár a magyarság iránti jóakaratban fia, Nikolau Minovici, a cluji (kolozsvári) egyetem tanára. Ismertetését azzal a mondattal vezeti be, hogy: «A törvényszéki orvostani intézet 1918-ban került vissza Roumania birtokába akkor, amikor Erdély visszakerült az anyaországhoz». Következő mondatával megállapítja, hogy az osztrák-magyarok intézete 1902-ben létesült, pedig egészen bizonyos, hogy ő maga látta annak előcsarnokában az azóta már összetört márványtáblát, amely hirdette, hogy az intézet működését már 1888-ban megindította. Megállapítja, hogy az intézet múzeuma anyagban nagyon gazdag, bizonyos területeken tökéletes, szakfolyóiratai és évkönyvei kezdettől fogva 1914-ig hiánytalanul megvannak, nem is sejtve, hogy ezzel beavatottak előtt tulajdonképpen magyar elődeit dícséri, mert a világháború kitöréséig ezek voltak a könyvtárnak és gyüjteménytárnak gondozói. Szórakozottságában még tovább is megy, sérelmezve a tudományos lovagiasságot, amikor az Annales de Medicine legale című folyóirat 1924. évi évfolyamában leírással és fényképpel közöl esetet, amelyet magyar elődöktől örökölt, az örökhagyó megemlítése nélkül, saját magának tulajdonítva, mint saját észleléséből fakadót.

A valóságnak meg nem felelő fentebbi állításokkal az igazság jegyében szembehelyezhetjük, hogy Paul Loye a párizsi egyetem rendkívüli tanára és Thoinot, a párizsi egyetem rendes tanára az Annales d'Hygiène Publique et de Medicine Legale hasábjain

dícsérően emelték ki, hogy a budapesti intézet a legnagyobb, anyaggal legbővebben ellátott intézete a világnak, dícsérően nyilatkoztak annak munkásairól. Szembeállíthatjuk azt a tényt, hogy a berlini egyetem tanára, MÜLLER HESS, műépítész kíséretében jött Budapestre, itt napokat töltött a törvényszéki orvostan épületének, berendezésének és működésének — utánzásra törekvő — tanulmányozásával. Szembeállíthatjuk azt a tényt is, hogy a törvényszéki orvostan magyar munkásai számukat meghaladó mértékben szegődtek annak az új irányzatnak szolgálatába, amely az igazságszolgáltatás területén a tárgyi bizonyítékokat elébe állította az egyéni bizonyítékoknak.

Az új irányzatnak alapját azok a tapasztalatok vetették meg, amelyek egyrészt előforduló esetekből leszűrődve, másrészt kísérletes vizsgálatok eredményeiből fakadva megállapították az egyéni bizonyítékok megbízhatatlanságát, többek között azt, hogy a jóhiszemű tanú is tehet az igazsággal ellentétes vallomást, azért, mert észlelésének hűségét körülmények tömege befolyásolhatja, emlékezését körülmények tömege meghamisíthatja. Bármilyen nagyra is értékeljük a bíró szabad mérlegelésének jogát, bármilyen nagyra is tartjuk emberismeretét, amely alkalmas arra, hogy benne a tanúk szavahihetősége tekintetében kétségeket keltsen, a helyzet mégis csak az, hogy a bíró nehezen teheti túl magát a tanúnak határozott, esetleg esküvel megerősített vallomásán. Ezzel szemben a tárgyi bizonyítékok kétséget meg nem engedő határozottsággal bizonyítanak. Teljes határozottsággal alakult ki a bíró meggyőződése, amikor a feldarabolt holttest egyes részeit burkoló újságpapírcafatok szakítási széleit odaillesztettük a gyanúsított birtokában lévő újságdarabnak szakítási széléhez, beigazoltnak látta a gyanúsított tagadása dacára annak tettességét, a meregyói gyilkosság esetében, amikor annak a vasdarabnak a másik felét, amellyel a gyilkos fegyverét megtöltötte, a gyanúsított ajtajában megtaláltuk és bemutathattuk a törési felületek összetalálását. Azonnal eloszlott a bíró lelkében a tagadás folytán feltámadt kétség a Haris-Bazár épületében annakidején elkövetett nevezetes gyilkosság esetében, amelynek Pesek Verona és 9 éves leánygyermeke voltak áldozatai, amikor AJTAI tanár a halottak nyakán lévő metszett sebekből kihalászott borotvaéldarabkákat beleillesz-

tette a Ballentics Imre gyógyszerészhallgató borotvájának csorbáiba.

A tárgyi bizonyítékok nagy jelentőségének felismerése már évtizedekkel ezelőtt élénk munkásságot indított, amelybe beállottak jogászok és a természettudományok különböző szakmáinak művelői, rendőrségeknek, csendőrségeknek tagjai. Első sorban a rendőrségeknek azok az alkalmazottjai, akik a gonosztévők nyilvántartásával foglalkozva, a Bertillon-féle Antrophometria és a Dactyloscopia révén érintkezésbe jutottak a természettudományokkal, igyekeztek működésük területét kiterjeszteni a tárgyi bizonyítékokra is. Bűnügyi laboratóriumok, kriminalisztikai intézetek, kriminalisztikai egyesületek alakultak, könyvek, folyóiratok jelentek meg. Mindazoknak nevét, akik ezen a téren elévülhetetlen érdemeket szereztek maguknak, előadásomnak szűkreszabott ideje alatt mind fel nem említhetem, egyet azonban meg kell említenem, Hans Grosst, aki a vizsgálóbírák számára nagyterjedelmű, több kiadást elért kézikönyvet írt a tárgyi bizonyítékokról, Archiv für Anthropologie címen folyóiratot indított annak hasábjait, a tárgyi bizonyítékokra vonatkozó közlések számára is megnyitva, bűnügyi laboratóriumot állított fel és bűnügyi gyüjteménytárt létesített. Az ő nevét hálából is meg kell említenem azért, mert meggyőződésem szerint az ő munkássága, az ő példaadása terelt engem is az új irányzatnak szolgálatába és ez vezetett abban az igyekezetben, hogy munkatársaimat, tanítványaimat is annak szolgálatába tereljem.

Kolozsvári működésem kezdetétől fogva érdeklődésem előterébe állítottam a tárgyi bizonyítékokat. És gyönyörűséges álmokat álmodva, soha el nem felejthető megértő munkatársammal, dr. Demeter Györgygyel. Megterveztünk egy központi kriminalisztikai intézetet, amelyben összefutnak a szakértői bizonyításnak szálai, amelyben mindenki, aki erre rászorul, szakértői felvilágosítást, tanácsot, segítséget kaphat, amely az igazságszolgáltatásnak a természettudományok különböző szakmáiból alaposan kiképzett szakértőket kínál minden felmerülő munkára, olyan kriminalisztikai intézetet, amelyben jogászok, orvosok és mindazok, akikben erre hivatás van, termékeny munkára egyesülnek, terveztünk egy olyan intézetet, amely biztosítja a bűnügyi rendőrség, csendőrség,

a büntetőjog terén működő ügyészek, ügyvédek, orvosok és más természettudósok szakszerű kiképzését és a tudomány előbbrevitelét gazdag gyüjteménytárának és könyvtárának kihasználásával.

Terveinket persze a kis városnak szűkös viszonyai között meg nem valósíthattuk ugyan, de a legjobb igyekezettel azon voltunk, hogy az előkészületeket megtegyük és elérjük mindazt, amit az adott körülmények között elérni lehet. Ha ezek után munkásságunkat röviden ismertetem, nem a hiúság vezet. Egyszerűen tényeket állapítok meg azért, mert azokból kell következtetéseket levonnom. Arról, hogy kötelességteljesítésem igyekezete, amelyre elköteleztem magam akkor, amidőn orvostermészettudományi ismeretekkel az igazságszolgáltatás segítőtársává szegődtem, ösztönné lett bennem, nem én tehetek. Az pedig, hogy munkakészségem egy hosszú életen keresztül megmaradt és hogy annak kihasználása alkalmát megkaptam, a Gondviselés rendelése volt. Mindjárt Kolozsvárra érkezésem után igyekeztem a tárgyi bizonyítékokat az igazságszolgáltatás munkájába belevinni. Örvendetes emlékeit őrzöm nevezetes ügyeknek, amelyeket a vizsgálóbírák, rendőrség, csendőrség közreműködésével tárgyi bizonyítékok értékesítése mellett rövid idő alatt minden vonatkozásukban tisztázhattunk. Gyüjtött tapasztalataimat és az előfordult esetekkel kapcsolatban gyüjtött anyagot igyekeztem a tanítás céljaira értékesíteni. Kezdő jogászoknak, kezdő orvosoknak tartott egyetemi előadásokon kívül kész jogászoknak és kész orvosoknak egyesületeiben ismételten tartottam bemutató előadásokat, elvittem tapasztalataimat a német törvényszéki orvosok társulatának kongresszusaira is. Meghonosítottuk a fényképezés különböző eljárásait, a stereoscopos fényképezést, a Pigment-eljárást, a Hesekiel-módszert, az Ives-, Miethe- és Lumière-féle színes fényképezést. Rendkívül gazdag fényképgyüjteményünk szerepelt Londonban, Párizsban, Münchenben, Drezdában, Karlsruheban rendezett kiállításokon. Gyüjteménytárt létesítettünk, alaposan kiegészítettük az intézet könyvtárát, úgyhogy ezek értékét idegen tollakkal való ékeskedés hajlamával megáldott utódom is dícsérően kiemeli, persze saját nemzete érdemeként. 1909—12. évek között megjelent háromkötetes tankönyvemnek gyakorlati részét a tárgyi bizonyítékokra építettem, kisebb közlemények mellett nagyobb közleményekben foglalkoztam a fényképe-

zésnek a röntgensugaraknak jelentőségével, a gonosztevők titkos értekezése módszereivel, lőfegyverek hatásával, 1906-ban pedig: «Das Sammeln des Lehr- und Beweissmateriales» című monográfiaszerű dolgozatomban 120 rajz és fénykép bemutatása mellett a tárgyi bizonyítékok felkutatásának, rögzítésének és kihasználásának kérdésével. A Gondviselés jóvoltából akadtak munkatársaim is. Közülök meghatott lélekkel emlékezem meg újból is korán elköltözött munkatársamról és tanszéki utódomról, Demeter Györgyről, aki egyebek között a lőfegyverek és azok hatása körül végzett vizsgálataival a külföld által is elismert, elfogadott és kihasznált eredményekhez jutott.

A fentebb részletezett előkészülés után természetes, hogy a továbbépíthetés reményéből fakadó nagy lelkesedéssel foglaltam el 1915-ben a budapesti egyetem tanszékét. Sajnos, ekkor a világháborúnak következményei és egyéb előre nem is sejtett akadályok, amelyek keserűsége ma is rágódik lelkemen, elháríthatatlanoknak látszó nehézségeket állítottak szándékaim elé. Ezeknek az akadályoknak ellenére megállapíthatom, hogy budapesti szolgálatom 21 esztendeje alatt a tárgyi bizonyítás terén nevezetes változások állottak be. Bevonult a törvényszéki orvostan azoknak kiképezése területére, akik mint hatóságok tagjai hivatva vannak a bűncselekmények felderítésében, cselekményeik részleteinek tisztázásában közreműködni. Nevezetes lépést jelentett az a belügyminiszteri rendelkezés, amely Tirser Ernő dr. rendőrfőorvos és a főkapitányság közbenjárására keletkezett s a rendőrorvosi állások jelöltjei számára az addig kötelező tisztiorvosi vizsga helyett a törvényszéki orvosi képesítő vizsgát tette kötelezővé. Ezzel kapcsolatban ismételten alkalmam nyílt rendőrorvostársaim előtt a tárgyi bizonyítékokat bemutató előadásokat tartani. Bevonult a törvényszéki orvostan elméleti és gyakorlati előadásokkal a tisztiorvosi vizsga jelöltjeinek oktató területére is. Rendszeresen beillesztette a törvényszéki orvostant és ezzel a tárgyi bizonyítékok tanát a csendőrtisztikar és legénység gyakorlati kiképzésének tárgyai közé a parancsnokság megértő rendelkezése, amelynek következtében kezdetben magam, majd munkatársam, intézetem vezető tanársegéde, Vitray Antal dr. hónapokra, sőt egész esztendőre kiterjedő tanfolyamokat tartottunk, örömmel látva azoknak hasznát.

Érdeklődéssel várom ma is a hazafias szellemben és komoly szakszerűséggel szerkesztett «Csendőrségi lapok» kéthetenként megjelenő számait; örömmel olvasom annak «Tanulságos nyomozások» című rovatát, amelyben többnyire a magyar földmívesosztályból kikerült, egyszerű magyar testvéreim, a csendőrörsök tagjai tanúságot tesznek arról, hogy a tanítást megértve, azt, amit megtanultak, lelkiismeretes pontossággal, józan megfontolással tudják értékesíteni.

Sikerült budapesti szolgálatom húsz esztendeje alatt nagyarányú kriminalisztikai gyüjteménytárat létesíteni Bogdanovics László, Vitray Antal, Schranz Dénes munkatársaim odaadó támogatásával. 1887-ben, amikor mint díjtalan gyakornok először átléptem a törvényszéki orvostani intézetnek küszöbét, amely akkor az Üllői-úti belső klinikai telep főépületének földszintjén volt egynéhány szobában elhelyezve, annak gyüjteménytára egyetlen szekrényben elhelyezett néhány darabból állott. 1915-ben, amikor Budapestre visszakerültem, már egy egész szobát elfoglalt. Ma többezerre terjedő darabjai egy régebben kápolna céljait szolgáló hatalmas nagy termet és hat kisebb termet töltenek meg. Tárgyainak nagy részét, amelyeket magam gyüjtöttem, illetve magam készítettem, szerencsére Budapestre kerülésem alkalmával (amennyire lehetséges volt, másolatokat visszahagyva) magammal hoztam. Ezek a tárgyak adják meg ma a gyüjteménynek gerincét. Nyugodt lelkiismerettel mondhatom, hogy ez a gyüjteménytár gazdagságát és különleges kriminalisztikai tulajdonságait tekintve, egyedülálló. Külföldi utazásaim alatt meglátogattam a világvárosok rendőrsége által létesített nagyméretű gyüjteményeket. Hamburgban, Brémában, Berlinben, Drezdában, Lyonban és egyebütt. Megismerhettem a törvényszéki orvostani intézeteknek és kriminalisztikai laboratoriumoknak gyüjteményeit. Ismerem természetesen a budapesti rendőrségnek szintén nagyméretű és nagyértékű gyüjteményét, valamint az igazságügyminisztériumnak, főként a büntetésekkel és a büntetések végrehajtására szolgáló intézetekkel foglalkozó nagyértékű gyüjteményét. Személyes tapasztalataim alapján állapíthatom meg tehát, hogy közöttük egy sincs, amely olyan mértékben, olyan céltudatos tervszerűséggel szolgálná a tárgyi bizonyítás ügyét, mint a budapesti törvényszéki orvostani

intézeté. A rendőrségek bűnügyi gyüjteményei magukban foglalják a multnak emlékeit, egyebek között a rendőrség egyenruhájának különböző formáit, bemutatják a rendőrség egyes intézményeit (toloncházat, rabkórházat, rendőrségi kórházat, az elsősegély nyujtására vonatkozó berendezéseket), magukban foglalják nevezetes bűncselekmények tetteseinek arcképeit, szobrait, bűncselekmények helyszíni felvételeit, bűnjeleit, a gyilkosság elkövetésére használt méregpoharat, azt a virgácsokrot, amelybe operaénekesnő rejtette el a revolvert, amellyel kedvesét agyonlőtte, s azt a reszelőt, amely áldottemlékű királynénknak életét kioltotta stb. Kiterjedten képviselve vannak azokban az anthrometria és a dactyloscopiával kapcsolatos tárgyak, betörőszerszámok, hamispénzek, hamisított okmányok, a kiderítésükre használt eszközök és berendezésekkel, csalást célzó játéktárgyak stb. A törvényszéki orvostani intézetek gyüjteménytárai többnyire egyoldalú, a boncolások alkalmával félretett orvosi anyagot foglalnak magukba, a bűnügyi laboratóriumok anyagában túltengenek a hamisított írások és a dactyloscopiás anyag, a börtönügyi múzeumokban a büntetések végrehajtásának különböző időben használt eszközei, a letartóztatási intézetek fényképei, a letartóztatottak által készített rajzok, műtárgyak stb. Az orvostermészettudományi anyag valamennyiben háttérbe került. Viszont a budapesti törvényszéki orvostani intézet gyüjteménytárában ezt az anyagot állítottuk előtérbe hármas célkitűzéssel.

Hivatása a gyüjteménytárnak anyagot szolgáltatni a szemléltető oktatáshoz, amely elengedhetetlen előfeltétele a tárgyi bizonyítékok értékesítésére való kiképezésnek. Az, akinek bemutatjuk a bűncselekmények elkövetésére igénybevett különböző tárgyakat, hatásukat bizonyító anyag kíséretében, a különböző lőfegyvereket, lőporokat, azok hatását bemutató készítményekkel egyetemben, az, aki látja a magzatelhajtásra használt eszközöket és szereket, a mérgezés céljából igénybevett ásványokat és növényeket, az, aki közvetlen szemlélet útján megismeri, hogyan lehet rajzzal, fényképpel, mintázással megörökíteni egy helyszínének adatait, hogyan lehet a nyakon levő zsineget göcsözésének megsértése nélkül eltávolítani, miképpen lehet egy szobának ajtaját kívülről úgy bezárni, hogy a belülről való bezárás látszata álljon

elő, egypár pillanat alatt megtanulja azt, amire elméleti előadások útján csak napok alatt, illetve napok alatt sem lehetne megtanítani.

Második feladata a gyüjteménytárnak, hogy felmerülő szükség esetére összehasonlításra alkalmas anyagot tartson készenlétben. Hogyha halottvizsgálat alkalmával vagy a helyszínén golyó kerül elő, ha a lőcsatornából lőporszemcséket tudunk kiszedni, amennyiben ezek nem általánosan ismertek, minőségüket csak összehasonlítás alapján lehet meghatározni. Csontok vagy csontdarabok előkerülésekor összehasonlítás útján kell eldönteni, hogy azok állati vagy emberi testnek maradványai. Ha megvan állapítva, hogy a csont emberi csontváznak része, összehasonlítással kell meghatározni, hogy az milyen nemű és milyen életkorú ember csontvázának darabja. Az utóbbi célt szolgálja egyebek között gyüjteménytárunknak az a nagy csoportja, amelyben esztendők szerint egymás mellé vannak állítva az újszülöttől kezdve a 102 éves életkort betöltött emberig a felkarcsontok készítményei. Az összehasonlítás alkalmának megadása célját szolgálja az az 590 darabot magában foglaló ehető és mérges gombák utánzatainak gyüjteménye és sok más tárgy.

Harmadik feladata a gyüjteménytárnak tudományos munkához szolgáltatni anyagot. Ennek jelentőségét azzal bizonyítom, hogy emberi holttestekből származó gégeporcoknak — természetesen az összehasonlítás célját is szolgáló — gyüjteménye felhasználásával Katona István dr. ki tudta mutatni, hogy a nemnek meghatározására a gégeporcok vizsgálata nagyon jól felhasználható, mert megállapításai szerint a férfihalott legkisebb gégeporca is nagyobb, mint a női holttest legnagyobb hasonló része.

A tárgyi bizonyítékok értékesítésének célját igyekeztem szolgálni bel- és külföldi szaklapokban, egyebek között a «Rend» című újság 1924—25. évfolyamában megjelent cikksorozatban. Örömmel állapíthatom meg, hogy Vámossy tanár barátom, az «Orvosi Hetilap» szerkesztője, lapjának külön hasábjait ajánlotta fel a vezetésem alatt álló intézet és az egyes törvényszékek mellett működő törvényszéki orvosoknak kasuistikus közleményekre, amelyeknek a törvényszéki orvostanban igen nagy jelentőségük van. Ezt a célt igyekeztem szolgálni bemutatott könyvemmel is, amelyet tanári működésem utolsó esztendejében, majdnem egy

félszázadra terjedő tapasztalataim alapján a gyakorlati élet igényeinek kielégítésére szerkesztettem. Az enyémhez hasonlóan gyakorlati célokat szolgáló olyan könyv, amely betörések, pénz- és okmányhamisítások leleplezésének kérdésével ujjlenyomatokkal, kéz-, láb- és járműnyomokkal, a helyszínén talált vagy ruházatba betapadt porral, pókhálóval, pecsétviasszal stb. foglalkoznak, elég sok van. Értékes könyvet jelentetett meg hazánk munkásai közül nemrégen TARTSÁNYI (SCHREIBER) DÁNIEL rendőrtanácsos is a különböző játékokkal elkövetett csalásokról: «a játékkaszinók szélhámosai» címen 105 fényképpel, rajzzal, táblázattal. (Centrum, 1934.) Olyan könyv azonban, amely az orvostermészettudományok által felkínálható tárgyi bizonyítékokat rendszeresen összefoglalná, olyan, amely az ember életét áldozatul követelő, tehát legfontosabb, mondjuk főbenjáró bűncselekmények tisztázására igyekszik értékesíteni a tárgyi bizonyítékokat, még nincsen. Ezt a hiányt igyekeztem pótolni. Könyvem első két fejezetében általánosságban kiemelem a tárgyi bizonyítékok nagy jelentőségét annak hangoztatásával, hogy kivált halálesetek körüli nyomozásokban elsősorban a törvényszéki orvosokból lehetne és kellene az igazságszolgáltatás megbízható segítőtársait kinevelni. Ismételten hangsúlyozom azt, amit megelőzően már sokszor hangoztattam, hogy az igazságszolgáltatás ma még sokkal kevesebbet kap az orvostermészettudományoktól, mint amennyit joggal igényelhetne és amennyit azok nyujthatnának. HANS GROSS is megemlíti, hogy az igazságszolgáltatás sokkal több esetet intézhetne el marasztaló ítélettel, ha mindjárt kezdetben a megfelelő szakértőket megtalálná és azokat megfelelő mértékben kihasználná. Én ehhez tapasztalataim alapján hozzátehetem, hogy nagyon sok esetben ártatlan egyének zaklatása, sőt ártatlan egyének elmarasztalása is elmaradt volna a megfelelő orvostermészettudományi szakértő igénybevétele folytán. Az eredményt persze a bűnügyi nyomozásokkor csak a nyomozás vezetőjének és az általa igénybevett hozzáértőnek megfelelő együttműködése biztosíthatja. Helytálló az angol példabeszéd követelése, hogy a megfelelő helyre a megfelelő embert kell állítani. Ebből a szempontból van nagy jelentősége, hogy a nyomozásban résztvevő hatósági személyek és a szakértői működésre hivatottak egymást kiegészítő munkájukra megfelelően kiképeztessenek. A legmesszebb-

menő elismeréssel nézem azt a fáradságot nem ismerő áldozatos munkát, amelyet hatóságok tagjai a bűncselekmények nyomainak kutatása terén, a tettesek meghatározása területén és azok megkerítéséért napról napra végeznek, büszke örömmel hirdetem a rendőrség és csendőrség sikereit, de hangsúlyozottan ki kell emelnem, hogy a buzgalomnak megvan a határa, amelynek túllépése az igazság veszélyeztetését jelenti. Vannak kérdések, amelyeket az igazságnak megfelelően csak az oldhat meg, aki a természettudományok emlőin nőtt fel. Ilyen különleges szakértő elsősorban a megfelelően képzett orvos lehet, mert az orvos már kezdettől fogva természettudományi vizsgálatokra alkalmassá tevő kiképzést nyer. Ezért lehető nagymértékben kellene a fontos célok megvalósulását az orvosok megfelelő kiképzésével és megfelelő igénybevételével biztosítani.

Könyvemnek harmadik fejezete a halálesetekkel kapcsolatos helyszíni szemlékkel foglalkozik. Ezeknél mutatkozik az orvos-természettudományokban jártas szakértő szerepének döntő fontossága azért, mert a halott a körülötte lévő tárgyakkal olyan szoros vonatkozásban áll, amelyet csak a természettudományok embere tud meglátni és megfejteni. Megfelelően képzett orvosszakértő például azonnal meglátja, hogy a halott körül mutatkozó nyomok nem eredhetnek tőle, mert a sérülés cselekvőképességét rögtön megszüntette, nem származhatnak tőle pl. a vérnyomok azért, mert azokon a testrészein, amelyekhez hasonló testrészek idézték elő a nyomokat, vérmaradványok nincsenek. Azonnal megállapíthatja a hozzáértő a halál utáni felakasztást, tehát az idegen kéz szerepét abból, hogy a függő helyzetben lévő halott testének hátsó részén vannak a halál bekövetkezése utáni hanyattfekvést bizonyító vérsüllyedéses foltok, az úgynevezett hullafoltok.

A helyszíni szemle eredményességének legfőbb biztosítéka a céltudatos, tervszerű eljárás. Csak ez biztosíthatja a meglévő összes tárgyi bizonyítékoknak megszerzését, csak ezzel lehet megelőzni meglévő tárgyi bizonyítékok megsemmisítését. A Léderer-féle gyilkosság esetében, amely Kodelka hentesmester életét követelte áldozatul, a hadbíróság lőkísérletek végzésére fegyverszakértőket rendelt ki a tettesek lakására, annak a kérdésnek tisztázása céljából, hogy a szomszédban lakók meg kellett-e hallják a

fegyver durranását. Ha ezek a kísérletek a mi vizsgálatunkat megelőzően megtörténtek volna, nem lett volna módunk lőporszemcséket keresni a padlónak összesepert porában. Említhetek esetet, amelyben a lőfegyvertől eredő sérüléssel feltalált ismeretlen halott személyazonosságának meghatározása céljából nyomdafesték felhasználásával ujjlenyomatokat készítettek s ezért nem lehetett meghatározni, hogy kezein vannak-e a fegyver elsütését bizonyító lőporfüstmaradványok. Találkoztam esettel, amelyben dactyloscopusok fényezett bútoron kerestek az úgynevezett beporozó eljárással ujjlenyomatokat s közben a jelenlevők összefogdosták az asztalon álló likőrkészlet darabjait.

A céltudatos, tervszerű eljárás biztosítása érdekében a különböző módon bekövetkezett halálesetek tisztázására egyrészt tervmintákat állítottam össze, másrészt külön pontokba foglalva részletesen tárgyaltam azokat a szem előtt tartandó latin kérdéspontokat: Quid, Quis, Ubi, Quibus, Auxiliis, Cur, Quomodo, Quando, amelyeket Hans Gross is ajánlott.

Legfontosabb közülük a Quid kérdése, amely gyanús halál esetében a gyilkosságot, illetve öngyilkosságot, az elhaltnak vagy idegen egyénnek gondatlanságát, a véletlent vagy a kártalanítás igényét megállapító balesetet kutatja. Éppen ezekben az esetekben forog fenn igen nagy mértékben a tanuk általi félrevezetés veszedelme. A halott hozzátartozói igyekeznek az öngyilkosságot letagadni, mert azt szégyenlik, mert félnek az egyházi temetés megtagadásától, mert meg akarják csalni azt a biztosító társaságot, amelynek fizető kötelezettsége öngyilkosság esetére nem terjed ki. Még súlyosabb okok teszik indokolttá a gyilkosságnak vagy a büntethető gondatlanságnak leplezését.

A második döntő fontosságú kérdés a Quis-nek, vagyis annak a kérdése, hogy a cselekményt ki követte el. Tapasztalataim bennem azt a meggyőződést érlelték meg, hogy az emberéletet áldozatul követelő bűncselekmények helyszínén a tettesre utaló tárgyi bizonyítékok többnyire megvannak és céltudatos tervszerű eljárással meg is találhatók. Ilyen tárgyi bizonyítékot szolgáltathatnak a tettes által visszahagyott tárgyak vagy tárgyrészletek, a cselekmény elkövetésére használt eszköznek vagy részeinek feltalálása, a tettes egyes testrészeinek lenyomata, lábnyomok, kéznyomok,

tőle eredő vérnyomok, bélsárnyomok és még sok minden egyéb. Bizonyítója lehet a tettesnek a cselekmény végrehajtásának módja is. A düsseldorfi tömeggyilkosság esetében a halottak egy részén azonos módon végrehajtott cselekmény jelei bizonyították ugyanazt a tettest, éppígy a londoni hasfelmetsző Jack esetében. Előltöltő fegyver által okozott sérülés mezőőrnek, vadorzónak tettességét gyaníttatja, katonafegyver szereplése katonának vagy katonaviselt egyénnek szerepét. Egész hosszú sorát említhetném e példáknak, amelyekben visszamaradt tárgyak, amelyek csak céltudatos keresés útján kerültek elő, voltak a tettesnek leleplezői. Egyik esetemben a késszúrásokkal meggyilkolt áldozat körül a földbe betaposva kitört jobboldali felső fogat találtunk, amelyet azért kellett keresnünk, mert a gyanúsítottnak ez a foga ki volt törve. A főtárgyaláson bizonyíthattuk, hogy a kitört fog teljesen odaillett a foghiánynak helyére s hogy annak koronája teljesen hasonló a tettes állkapcsában visszamaradt ikerfogéhoz. Dózsa Domokos földbirtokos meggyilkolása esetében a halált okozó sérülésbe beszorult tölgyfakéregrostok jelölték meg annak ejtőjét. Ezek és hozzájuk hasonló jelek alapján állíthattam össze 1902-ben «Fremdkörper in Verletzungen» című sok esetet felsoroló közleményemet. Mindezeket a leleteket persze csak kellő tudás, kellő gyakorlottság, tervszerű gondos keresés biztosíthatja.

Nagyfontosságú egy-egy esetben, de sajnos, többnyire elmarad a Mikor kérdésének megválaszolása. Pedig ez döntheti el a tettességet, illetve zárhatja azt ki. Mindjárt a helyszínén való felvetése azért nagyjelentőségű, mert a következtetésre alkalmat adó jelenségek megváltoznak, különösen megváltoznak a halotton mutatkozó jelek, mert ha a halottnak kihűlése, annak megmerevedése, halálfoltjainak kifejlődése elérte tetőfokát, azok hosszú ideig megmaradnak és így a halál óta eltelt időnek mérésére mértéket nem szolgáltathatnak.

A Quomodo kérdése a többi hat kérdésnek összefoglalását jelenti. Megválaszolhatása érdekében szabályként kell felállítani, hogy a szemle végezői annak helyét ne hagyják el addig, amíg az összes kérdéseket sorjában újból lelki szemeik elé nem állították. Örömmel fogják észlelni eredményeiknek kiegészítését ezen az úton.

Külön fejezetben foglalkozom a helyszíni szemlék alkalmával

és a velük kapcsolatos halottvizsgálatok alkalmával elkövetett hibák és tévedésekkel, azok forrásaival, megelőzésük módjával, amiről 1910-ben megjelent dolgozatban számoltam be. Orvosi szempontból különösen a halál után bekövetkező változásoknak van igen nagy jelentősége azért, mert a gyógykezeléssel foglalkozó orvos illetékességi köre a halál bekövetkezésével megszűnik s neki a halál után bekövetkező változásokkal tulajdonképpen megismerkedni nincs is alkalma. Ez magyarázza, hogy a halott gyermek szája körüli hangyarágást kénsavval történt mérgezésnek, a halott szemhéján lévő patkányrágást késszúrásnak, a nadály csípésének nyomát bőraláfecskendezés bizonyítékának vették.

Fontos kötelességek elé állítja a nyomozás végezőit az a körülmény, hogy munkájuk eredményét maguk csak korlátolt mértékben értékesíthetik, végeredményben azokat a főtárgyalás szereplői, a vád, a védelem, főképpen pedig az ítélőbíró kell hogy felhasználja. Az ő számukra kell, amennyiben lehetséges, a tárgyi bizonyítékokat a maguk valóságában, ha ez nem lehetséges, hű utánzatban eltenni. Ugyanez a kötelesség áll fenn természetesen azokat a tárgyakat illetőleg, amelyek csak behatóbb laboratóriumi vizsgálattal szólaltathatók meg. Sajnos, éppen ezen a téren fordulnak elő még ma is, súlyos következményekkel járó hibák. Holnap szerepelek az Igazságügyi Orvosi Tanácsban egy esetnek előadójaként, amelyben az a kérdés, hogy a halált okozó fejsérülést parasztszekér ülődeszkájával ejtett ütés, vagy lónak patkós lába okozta-e. A deszka lefoglalása, ami vérnyomok, esetleg tapadó hajszálak keresése mellett döntő fontosságú bizonyítékot szolgáltathatott volna, elmaradt és így kizárólag csak a sérülésnek, sajnos, hiányos leírásából kell az egyik vagy másik előidéző ok iránt nyilatkoznom.

Különösen nagy gondot igényel azoknak a tárgyaknak félretevése, csomagolása, amelyeken látható, illetve nem látható, de feltételezhető ujjnyomlenyomatok vannak. Az a szabály, hogy az ilyeneket kesztyűs kézzel kell megfogni, elejét veszi ugyan annak, hogy az érintő kéznek ujjbegylenyomatai az illető tárgyra reákerüljenek, de viszont együttjár a nyomok eltörlésének veszedelmével. Ennek elkerülésére alkalmaztunk már kolozsvári szolgálatom idején egészen egyszerű eljárásokat, mondhatom, fogásokat. Szűk-

szájú üveget például érintés nélkül fel lehet emelni, ha azt spárgával átfűzött dugóval bedugaszoljuk és a spárgánál fogva emeljük fel. Tágszájú edényt, pl. söröspoharat úgy, hogy szájába hengerré összecsavart újságot dugunk, amely, ha elengedjük, belülről a poharat megfogja.

Különös gondosságot igényel a helyszínen talált lőfegyver. Volt esetem, amelyben a változatlan állapotban kezeink közé került forgópisztoly vizsgálata a bennük visszamaradt kilőtt töltények hüvelye, illetve két teljes, de a kakas ütésének nyomait hordó tölténynek feltalálása támogatta a tettesnek azt az állítását, hogy áldozatára négyszer rálőtt, azután kétszer próbálta a saját életét kioltani, de a két lövés csütörtököt mondott. Egyik esetemben az automata ismétlőpisztoly ablakába fűszál volt beszorulva, ami azt a gyanút keltette, hogy a fegyvert a földön fekvő helyzetben végbement dulakodás alkalmával sütötték el. Utólag derült ki, hogy a fűszál akkor szorult be, amikor a töltést az egyik detektiv magas fűben térdelve eltávolította. Szabályként kell felállítani ezért, amit évtizedek alatt ismételten, sajnos, kevés eredménnyel követeltem, hogy a fegyvert változatlan állapotban kell a megfelelő szakértő kezébe juttatni, erre bízva, természetesen kötelezően a töltésnek — a fegyver visszaadása előtti eltávolítását. A hatóság embereitől, akik lőfegyverekkel foglalkoznak, azt mindenesetre meg lehet követelni, hogy a töltött fegyvert veszéllyel nem járó módon juttassák a szakértő kezébe.

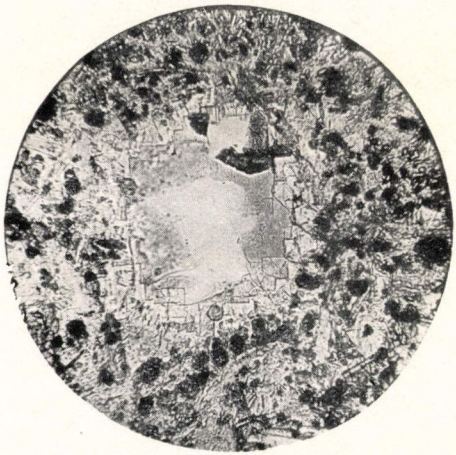
Külön fejezetben foglalkozik könyvem a leletek rögzítésével. Legközönségesebb eszköze ennek a jegyzőkönyv felvételével kapcsolatos írásbafoglalás. Főszabályai, hogy a leírás előre meghatározott terv szerint, megfelelő sorrend betartásával végeztessék, továbbá az is, hogy a szemle végezői eltávozásuk előtt azt gondosan átolvassák.

Lényegesen előmozdítja a megértést rajzok, fényképek vagy egyéb eljárásokkal készített utánzások mellékelése.

Milliméterpapír felhasználásával pl. egészen pontos helyszíni rajzot lehet készíteni. Jól vissza lehet adni egy szobának alaprajzátt abba belerajzolva az egyes bútordarabok helyét és kisebbítet, pontos méreteit. Tovább építettük ezt az eljárást azzal, hogy a szoba alaprajzának négy oldalára illesztettük az oldalfalak rajzát,

Mauritz Béla: A Tátika-csoport bazaltos kőzetei.

1

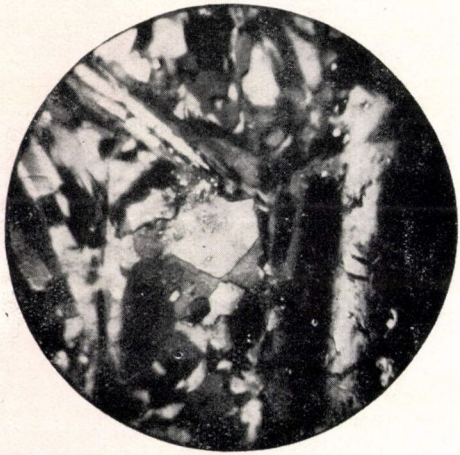


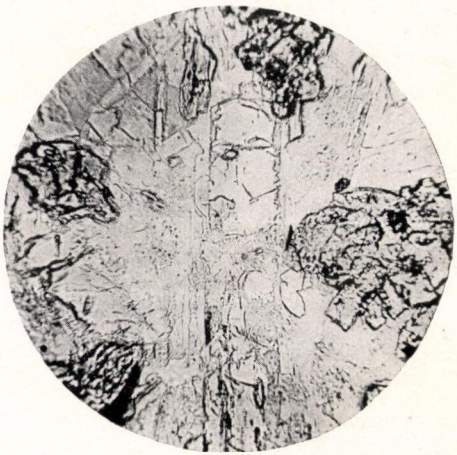
2

3

4

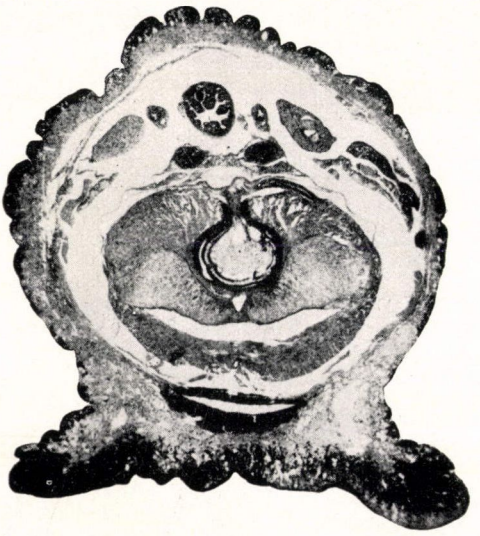
5



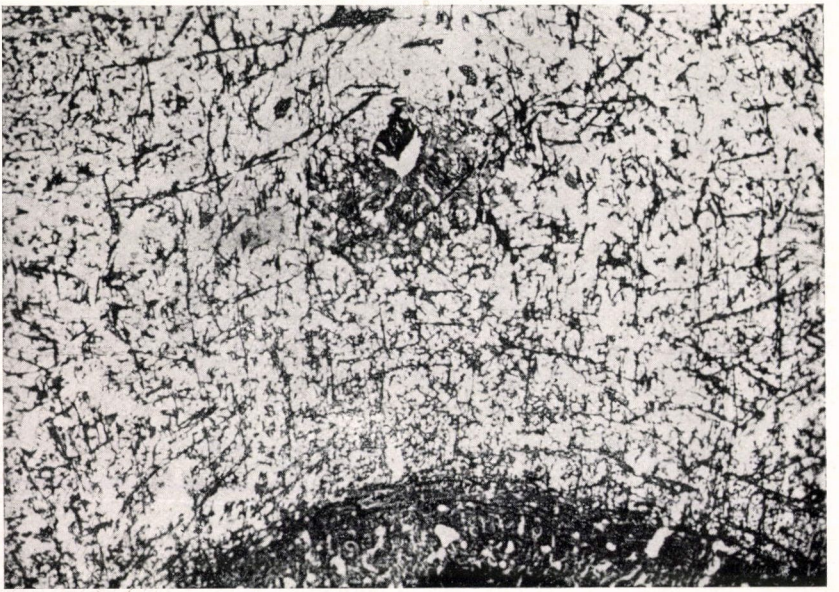


6

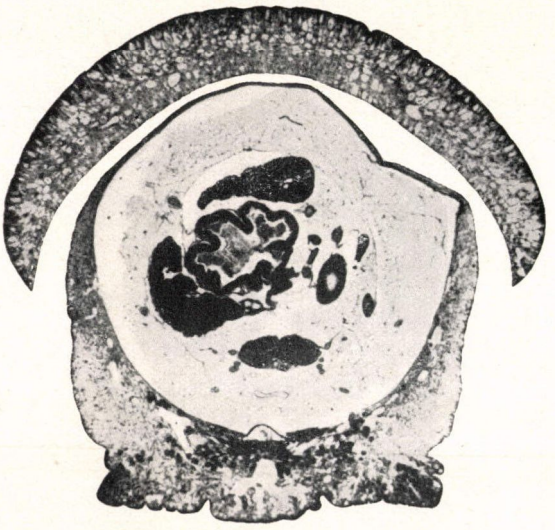
Rotarides: A csigák helyváltoztatásának morphologiai alapvonalai.



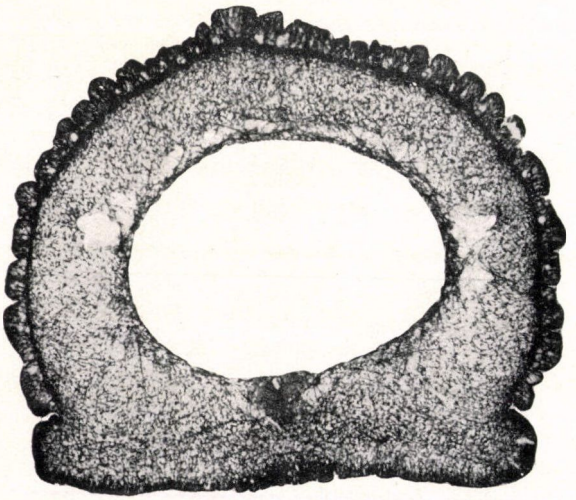
1.



2.

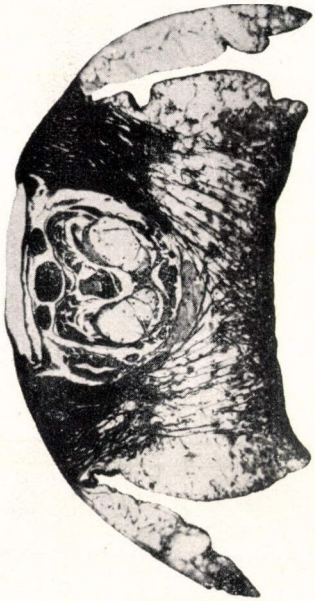


3.



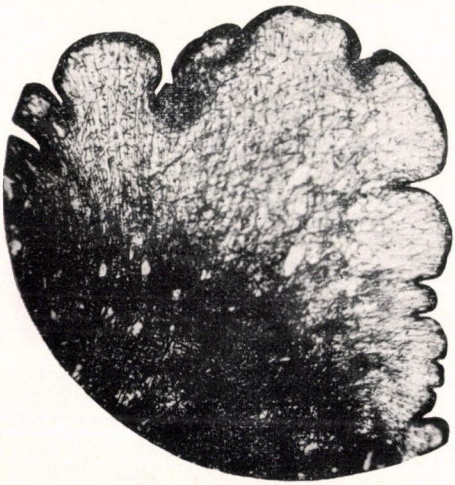
4.

Rotarides : A csigák helyváltoztatásának morphologiai alapvonalai.



5.

6.



7.

8.

INHALTSVERZEICHNIS.

	Seite
Bulla, B.: Terrassen und Niveaus am rechten Donauufer zwischen Dunaadony und Mohács	223—224
Fehér, D.: Biochemische Untersuchungen der Sandböden der ungarischen Tiefebene mit besonderer Berücksichtigung ihrer Aufforstung	165—172
Fejér, L.: Potenzreihen mit mehrfach monotoner Koeffizientenfolge	28— 29
Harwood, H. F.: Siehe Mauritz, B.	
Lipka, St.: Über Singularitäten von Potenzreihen und Dirichletschen Reihen	278—279
Manninger, R.: Über die Eigenschaften des Virus der Newcastlekrankheit	231
Manninger, R. und Marcis, Á.: Versuche mit dem Virus der Aujeszkyschen Krankheit	239
Marcis, Á.: Siehe Manninger, R.	
Mauritz, B. und Harwood, H. F.: Die Basaltgesteine der Tátikagruppe	104
Mauthner, F.: Die Synthese eines neuen Pyrogallol Aldehyds	191—192
Mihailich, V.: Einfluss der Wärme auf die Festigkeit des Bauxitzementbetons	43— 45
Rados, G.: Beiträge zur Theorie des Gauss'schen Zahlkörpers	270—271
Rotarides, M.: Die morphologischen Grundlagen der Lokomotion der Schnecken	131—132
Rozlozsnik, P.: Die tektonische Stellung der Bihargebirgsgruppe (Mtii Apuseni) im Karpathensystem	69— 74
'Sigmond, A. A. J. de.: Report on some outstanding scientific achievements of the third International Congress of Soil Science	249
Tihanyi, N.: Die Multiplikation der Weberschen Resolventen	184—185
Zinner, E.: Regiomontanus in Ungarn	288

FRANKLIN-TÁRSULAT NYOMDÁJA. — ÁBRAI V.

418

EGYETEMI KÖNYVTÁR FOLYÓIRATOK SZEGED

MATEMATIKAI ÉS TERMÉSZETTUDOMÁNYI ÉRTESITŐ

A M. TUD. AKADÉMIA III. OSZTÁLYÁNAK FOLYÓIRATA

SZERKESZTI MAURITZ BÉLA OSZTÁLYTITKÁR.

LV. KÖTET. — MÁSODIK RÉSZ.

1937 FEB 1

MATHEMATISCHER UND NATURWISSENSCHAFTLICHER ANZEIGER

DER UNGARISCHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

REDIGIERT VON B. MAURITZ KLASSENSEKRETÄR.

BAND LV. — ZWEITER TEIL.

BUDAPEST.

KIADJA A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA.

1937.

TARTALOMJEGYZÉK.

Lap

Barnóthy Jenő és Forró Magdolna: Meteorologiai és mágneses tényezők hatása a kozmikus sugárzásra. I. ... 525—537

Császár Elemér: A Röntgen-sugárzás energiájának mérése. III. ... 342—369

Filarszky Nándor: Idegenföldi Chara-félék határozása ... 476—495

Forró Magdolna lásd Barnóthy Jenő.

Gombás Pál: A potenciális és kinetikus energiaváltozások közelítő összefüggéséről atomi rendszerek kölcsönhatásánál 512

Gombás Pál: A szilárd krypton állandóinak elméleti meghatározása ... 498—509

Konek Frigyes: Adatok a spartein és a vele rokon szerkezetű csillagfürt-alkaloidok kémiájához ... 449—464

Konek Frigyes: A hydrocinchonin vagy cinchotin jódmethylátjai ... 466—474

Mauthner Nándor: Vizsgálatok a tetroxybenzolokról .... 441—446

Szőkefalvi Nagy Béla: Önmagában zárt orthogonális függvényrendszer szorzótáblázatáról ... 574—589

Szőkefalvi Nagy Gyula: Többméretű térben fekvő többmenetű görbékről ... 540—548

Szőkefalvi Nagy Gyula: Többméretű terekben fekvő maximális indexű görbékről ... 550—570

Neugebauer Tibor: A van der Waals-erők számítása ... 410—428

Neugebauer Tibor: Az ionok deformációjának kiszámítása a wurtzitrácsban ... 401—402

Palik Piroska: A pusztaszentjakabi tó algái ... 592—608

Rados Gusztáv: Összetett modulusok primitív gyökei a Gauss-féle számtestben ... 320—340

Rados Gusztáv: Adalék a binom kongruenciák elméletéhez 309—318

Zemplén Géza: Az acetylezett szénhidrátok elszappanosítása 432—439

M. Zemplén Jolán: Az atmoszférikus oxigén-sávok Zeeman-jelenségéről ... 373—399

ADALÉK A BINOM KONGRUENCIÁK ELMÉLETÉHEZ.

RADOS GUSZTÁV r. tagtól.

Valamely p törzsszámmodulusra vonatkozó

$$f(x) \equiv a_0 x^n + a_1 x^{n+1} + \cdots + a_n \equiv 0 \pmod{p}$$

kongruenciának megoldása rendszerint csak kísérletek segítségével oldható meg. Igaz, hogy e kísérletek mindig végrehajthatók, mert már véges számúnak megejtése alapján eldönthető a kongruencia megoldhatóságának kérdése és megoldhatósága esetében meghatározhatók a gyökei is. Ugyanis ki kell számítani a p számú

$$f(0),\ f(1),\ldots,\ f(p-1)$$

helyettesítési értéket. Ha ezek között egyik sem osztható p-vel, akkor a kongruenciának nincs gyöke. Ha $f(k)$ osztható p-vel, azaz

$$f(k) \equiv 0 \pmod{p}$$

akkor

$$x \equiv k \pmod{p}$$

a kongruenciának gyöke. Tehát a legkedvezőtlenebb esetben p-számú kísérlet végzendő.

Csak kevés olyan kongruencia ismeretes, amelynek megoldása kísérletek megejtése nélkül eszközölhető

Ilyen pl. az

$$x^{p-1} - 1 \equiv 0 \pmod{p}$$

FERMAT-féle kongruencia, melynek gyökei

$$x \equiv 1, 2, \ldots, p-1 \pmod{p}.$$

Egy másik, kísérletek nélkül, képlet segítségével, megoldható kongruencia

$$x^2 \equiv -1 \pmod{p} \tag{1}$$

valahányszor

$$p \equiv 1 \pmod{4}$$

Ennek megoldását az

$$x \equiv \pm 1.2.3\ldots\frac{p-1}{2} \pmod{p} \tag{2}$$

képlet szolgáltatja.[1]

Wilson tétele szerint

$$\left(1\cdot 2\ldots\frac{p-3}{2}\cdot\frac{p-1}{2}\right)\left(\frac{p+1}{2}\cdot\frac{p+3}{2}\cdots(p-2)(p-1)\right)\equiv -1 \pmod{p};$$

de mivel

$$p \equiv 0 \pmod{p},$$

ez így is írható

$$\left[1\cdot 2\ldots\frac{p-1}{2}\cdot\frac{p+1}{2}\right]\cdot\left[\left(\frac{p+1}{2}-p\right)\left(\frac{p+3}{2}-p\right)\cdots(p-2-p)(p-1-p)\right]\equiv -1 \pmod{p},$$

azaz

$$(-1)^{\frac{p-1}{2}}\left[1\cdot 2\ldots\frac{p-3}{2}\,\frac{p-1}{2}\right]^2\equiv -1 \pmod{p},$$

amely kongruencia mutatja, hogy valahányszor p $4e+1$ alakú törzsszám, a (2) alatti kifejezés az (1) alatti binom kongruenciának gyökeit szolgáltatja.

A jelen sorokban a binom kongruenciák bizonyos osztályairól ki fogom mutatni, hogy megoldhatóságuk esetében *egy* gyökük kísérletek végrehajtása nélkül, tehát képlet segítségével megoldhatók.

---

[1] V. ö. Dirichlet—Dedekind: Vorlesungen über Zahlentheorie II. kiadás 90. l. szöveg alatti jegyzetet. Ebben Dedekind ezt a tételt bebizonyítás nélkül említi.

Így tehát a következő tétel adódott:

Ha az

$$x^n \equiv D \pmod{p}$$

kongruenciában p ilyen alakú törzsszám

$$p = n(ne - 1) + 1,$$

akkor az

$$x \equiv D^{\frac{p-1+n}{n^2}} \pmod{p}$$

a kongruenciának megoldhatósága esetén annak egyik gyökét szolgáltatja.

Amint látható itt a kísérleti elem minimumra van leszorítva és csak annak megállapításában nyilvánul meg, hogy D n-edik hatványmaradék-e vagy nem.

Végül legyen szabad a fönti eljárást két példával illusztrálnom.

1. Legyen

$$n = 7,\ e = 1,\ D = 6,$$

akkor a megoldandó kongruencia

$$x^7 \equiv 6 \pmod{43}.$$

Mivel

$$D^{\frac{p-1}{n}} = 6^6 = 6^2.6^4 \equiv (-7)(6) \equiv -42 \equiv 1 \pmod{43}$$

a kongruencia megoldható és egyik gyöke lesz

$$x = D^{\frac{p-1+n}{n^2}} = 6^{\frac{43-1+7}{49}} \equiv 6 \pmod{43};$$

csakugyan

$$6^7 \equiv 6^6.6^2 = 1.6 \equiv 6 \pmod{43}.$$

2. Legyen $n = 5$ $e = 3$, $D = 30$, akkor a kongruencia

$$x^5 \equiv 30^4 \pmod{71}$$

és mivel

$$D^{\frac{p-1}{n}} = 30^{14} \equiv 1 \pmod{71}$$

a kongruencia megoldható. A fentiek szerint egyik gyöke lesz

$$x \equiv D^{\frac{p-1+n}{n^2}} \equiv D^{\frac{71-1+5}{25}} \equiv 30^3 = 2700 \equiv$$
$$\equiv 380 \times 71 + 20 \equiv 20 \pmod{71}.$$

1. Másodfokú binom kongruenciák.

Könnyű szerrel sikerül a következő tételnek bebizonyítása: *Valahányszor az*

$$x^2 \equiv D \pmod{p} \tag{3}$$

kongruencia megoldható, azaz

$$D^{\frac{p-1}{2}} \equiv 1 \pmod{p} \tag{4}$$

és

$$p \equiv 3 \pmod{4},$$

mindannyiszor

$$x \equiv \pm D^{\frac{p+1}{4}} \pmod{p} \tag{5}$$

a (3) *alatti kongruenciának gyökeit szolgáltatja.*

Ugyanis az

$$a^2 \equiv D \pmod{p}$$

és

$$1 \equiv D^{\frac{p-1}{2}} \pmod{p}$$

kongruenciákat szorozván az

$$x^2 \equiv D^{\frac{p+1}{2}} \pmod{p}$$

kongruencia adódik, mely világosan mutatja, hogy

$$x \equiv \pm D^{\frac{p+1}{4}} \pmod{p}$$

a (3) alatti kongruenciának gyökeit szolgáltatja, mivel a p-re vonatkozó feltevésünknél fogva

$$\frac{p+1}{4}$$

pozitív egész szám. Ezt mutatja különben a következő verificatio is:

$$\left(\pm D^{\frac{p+1}{4}}\right)^2 \equiv D^{\frac{p+1}{2}} \equiv D^{\frac{p-1}{2}+1} \equiv D^{\frac{p-1}{2}},\ D \equiv D \pmod{p},$$

mert a (4) alatti föltevésünk folytán

$$D^{\frac{p-1}{2}} \equiv 1 \pmod{p}.$$

Így például az

$$x^2 \equiv 5 \pmod{11}$$

megoldható, mert

$$\left(\frac{5}{11}\right) = \left(\frac{11}{5}\right) = \left(\frac{1}{5}\right) = +1;$$

tehát megoldását az

$$x \equiv \pm 5^{\frac{11+1}{4}} \equiv \pm 5^3 \equiv \pm 125 \equiv \pm 4 \pmod{11}$$

szolgáltatja.

Az

$$x^2 \equiv -7 \pmod{43}$$

szintén megoldható, mert

$$\left(\frac{-7}{43}\right) = \left(\frac{-1}{43}\right)\left(\frac{7}{43}\right) = -\left(\frac{7}{43}\right) = \left(\frac{43}{7}\right) = \left(\frac{1}{7}\right) = 1$$

itt is a modulus $4e+3$ alakú törzsszám, tehát képletünk szerint e kongruencia megoldása:

$$x \equiv \pm (-7)^{\frac{44}{4}} \equiv \pm (-7)^{11} \equiv \pm 6 \pmod{43}.$$

2. Magasabbfokú binom kongruenciák.

Ismeretes, hogy az

$$x^n \equiv D \pmod{p} \tag{6}$$

kongruencia megoldhatóságának szükséges és elegendő feltétele

$$D^{\frac{p-1}{d}} \equiv 1 \pmod{p}, \tag{7}$$

ahol d

$$d = (n,\ p-1),$$

az n és $p-1$ legnagyobb közös osztóját jelenti.

Mindenek előtt megjegyezzük, hogy a (6) kongruencie megoldása visszavezethető oly binom kongruencia megoldására, melynek fokszáma a $(p-1)$-nek osztója.

Ugyanis d mint az n és $p-1$ legnagyobb közös osztója a

$$d = n\nu + (p-1)\pi$$

alakban írható, ahol ν és π egész számok és ν a

$$\frac{n}{d}x \equiv 1 \left(\mathrm{mod}\ \frac{p-1}{n}\right)$$

valamely gyöke. Ha

$$x \equiv \xi \pmod{p}$$

a (6) alatti kongruencia bármely gyöke azaz

$$\xi^n \equiv D \pmod{p},$$

akkor

$$\xi^d \equiv \xi^{n\nu+(p-1)\pi} \equiv (\xi^n)^\nu . (\xi^{p-1})^\pi ;$$

de mivel

$$\xi^n \equiv D \pmod{p}$$

és FERMAT tétele szerint

$$\xi^{p-1} \equiv 1 \pmod{p},$$
$$\xi^d \equiv D^\nu \pmod{p}$$

úgy hogy ξ a

$$x^d \equiv D^\nu \pmod{p} \qquad (6^+)$$

kongruenciának is gyöke, Tehát a (6) alatti kongruencia minden gyöke kielégíti a (6^+) alatti kongruenciát, amelynek úgy mint a (6) alatti kongruenciának pontosan d számú különböző gyöke van. Ennek következtében kimondhatjuk, hogy a (6) és (6^+) alatti kongruenciák gyökei megegyezők, tehát a (6) alatti kongruencia megoldása vissza van vezetve a (6^+) alattinak megoldására.

Így például az

$$x^8 \equiv 3 \pmod{13}$$

kongruencia esetében

$$n = 8,\ p = 13,\ d = (n, p-1) = (8, 12) = 4,\ D = 3$$

mivel

$$D^{\frac{p-1}{d}} = 3^3 = 27 \equiv 1 \pmod{13}$$

a kongruencia megoldható és $d=4$ számú gyöke van. Az előzők szerint ezek meghatározhatók a

$$x^d = D^\nu \pmod{p}$$

azaz az

$$x^4 \equiv 3^\nu \pmod{43}$$

kongruencia megoldása útján, ahol ν az

$$\frac{n}{d}x = \frac{8}{4}x = 2x \equiv 1 \pmod 3$$

elsőfokú kongruenciának gyöke. Így tehát

$$\nu \equiv 2 \mod 3$$

tehát az a 4-edfokú kongruencia, amelyre az adott 8-adfokú kongruencia visszavezethető:

$$x^4 \equiv 3^2 \equiv 9 \mod 13.$$

Mindkét kongruenciának gyökei, mint azt a próba mutatja:

$$x \equiv 4, 6, 7, 9 \pmod{13}.$$

E kitérés után az

$$x^n \equiv D \pmod p \quad (p \text{ törzsszám})$$

kongruenciáról föltesszük, hogy n a $p-1$-nek osztója és természetesen kizárhatjuk a tüstént elintézhető esetet, midőn

$$D \equiv 0 \pmod p.$$

A történt föltevések mellett a kongruencia megoldhatóságának szükséges és elegendő feltétele most

$$D^{\frac{p-1}{n}} \equiv 1 \pmod p,$$

mert most n és $p-1$ legnagyobb közös osztója n. Ha a kongruencia megoldhatóságát föltesszük, akkor az így írható:

$$x^n \equiv D.D^{\frac{p-1}{n}} \equiv D^{\frac{p-1+n}{n}} \pmod p.$$

Ez a fölírás világosan mutatja, hogy

$$x \equiv D^{\frac{p-1+n}{n^2}} \pmod p$$

egyik gyöke lesz, ha

$$\frac{p-1+n}{n^2} = e$$

egész számmal, azaz

$$p = n(ne-1)+1$$

alakú törzsszám.

Csakugyan

$$20^5 = 20^4.20 = (160000).20 = (28 \times 71 + 37).20 \equiv$$
$$\equiv 37 \times 20 \equiv 740 \equiv 71 \times 10 + 30 \pmod{71.}$$

Végül fölemlítem, hogy MICHELE CIPOLLA a Math. Annalen 63. kötetében 54. l. «Sulla risoluzione apiristica delle congruenze binomie secondo un modulo primo» című érdekes értekezésében egy eljárást mutat be, amely képlet alakjában szolgáltatja bármely

$$x^n \equiv D \pmod{p} \quad (n \text{ a } p-1\text{-nek osztója, } p \text{ törzsszám})$$

megoldható kongruenciának egyik gyökét.

CIPOLLA a maradékok teljes rendszerén (sistema completo di resti secondo il modolo p) olyan $\frac{p-1}{n}$ számú

$$r_1, r_2, \ldots, r_{\frac{p-1}{n}}$$

számot ért, amelyeknek n-dik hatványai (mod p) különbözők. E teljes maradékrendszer felhasználásával sikerül neki a következő tételnek bebizonyítása:

Az

$$x^n \equiv D \pmod{p}$$

kongruenciának egyik gyökét megoldhatósága esetére a következő képlet szolgáltatja:

$$x \equiv A_0 + A_1 D + A_2 D^2 + \cdots + A_{\frac{p-1}{n}-1} D^{\frac{\frac{p-1}{n}-1}{n}} \pmod{p},$$

ahol

$$A_k \equiv -n\left(r_1^{nk-1} + r_2^{nk-1} + \cdots + r_{\frac{p-1}{n}}^{nk-1}\right) \pmod{p}.$$

Ez az eredmény helyes minden D-re, amely a

$$D^{\frac{p-1}{n}} \equiv 1 \pmod{p} \qquad (F)$$

feltételt kielégíti.

Ezzel az érdekes eredménnyel szemben csak ki akarom emelni, hogy nemcsak az (F) alatti kongruencia fennállásának vagy fenn nem állásának eldöntésére kísérlet végzendő, hanem ezenfelül a

sistemo completo-nak meghatározása is kísérleteket igényel, kivéve az $n=2$ esetet, midőn már

$$1,\ 2,\ldots,\ \frac{p-1}{2}$$

mindig sistemo completo-t szolgáltat.

Így pl. ha $n=4$, $p=13$, akkor

$$1^4\equiv 1,\ 2^4\equiv 3,\ 3^4\equiv 3,\ 4^4\equiv 9,\ 5^4\equiv 1,\ 6^4\equiv 9,\ 7^4\equiv 3,\ 8^4\equiv 1,\ 9^4\equiv 4,$$
$$10^4\equiv 3,\ 11^4\equiv 3,\ 12^4\equiv 1 \pmod{13};$$

e számokból kiválasztandó a teljes maradék rendszer, mely lesz:

$$r_1=1,\ r_2=3,\ r_3=9$$

Cipolla képlete szerint az egyik meghatározására szolgáló képlet

$$x\equiv A_0+A_1D+A_2D^2 \pmod{p},$$

ahol

$$\left.\begin{array}{l} A_0\equiv -4(1^{-1}+3^{-1}+9^{-1})\equiv -4(1^{11}+3^{11}+9^{11})\equiv 0 \\ A_1\equiv -4(1^3+3^3+9^3)\equiv -4(1+1+1)\equiv -12\equiv 1 \\ A_2\equiv -4(1^7+3^7+9^7)\equiv -4(1+3+4)\equiv 0 \end{array}\right\} \pmod{13}$$

és így valahányszor

$$D^{\frac{p-1}{4}}\equiv D^3\equiv 1 \pmod{13}$$

mindannyiszor

$$x\equiv D \pmod{p} \qquad (K)$$

a kongruenciának egy megoldása.

Így például az

$$x^4\equiv 3 \pmod{13}$$

megoldható, tehát a (K) alatti Cipolla-féle képlet szerint

$$x\equiv 3 \pmod{13}$$

a kongruenciának egyik gyöke. Csakugyan

$$3^4=81=(6\times 13+3)\equiv 3 \mod 13.$$

CIPOLLA értekezésének megjelenése után GROSSCHMID LAJOS[1] másodfokú kongruenciákra vonatkozóan úgy a racionális számtestben, valamint tetszésszerinti algebrai számtestben CIPOLLA eredményeit fölülmúló eljárást dolgozott ki azoknak megoldására. Amíg CIPOLLA tetszésszerinti fokú binom kongruencia *egy* gyökének meghatározására állított föl képletet, addig GROSSCHMID másodfokú binom kongruenciák teljes megoldására vezetett le képletet, amelynek alkalmazása azonban nagyobb számú kísérlet megejtését igényli, mintha a teljes maradéksor összes értékeinek a kongruenciába való behelyettesítésével puhatoljuk ki a kongruencia gyökeit.

---

[1] L. GROSSCHMID LAJOS: «A négyzetes binom kongruenciák gyökeiről. (Doktori dissertatio.) Továbbá «Über die explicite Darstellung aller rationalen Lösungen einer quadratischen binomischen Kongruenz mit Hilfe der Idealfaktoren der Moduls Crelle-Journal 139. k. 161. l. és «Négyzetes kongruenciák algebrai testekben.» Math. és Természettud. Értesítő 33. k. 524. l.

(A M. T. Akadémia III. osztályának 1936. okt. 12-én tartott üléséből.

EIN BEITRAG ZUR THEORIE DER BINOMISCHEN KONGRUENZEN.

Von GUSTAV RADOS o. Mitglied.

Im vorstehenden Aufsatz wird der Nachweis für den folgenden Satz geführt.

Die Kongruenz

$$x^n \equiv D \pmod{p}$$

hat im Falle, dass D die Bedingung

$$D^{\frac{p-1}{n}} \equiv 1 \pmod{p}$$

erfüllt und schliesslich p eine Primzahl von der Gestalt

$$n(ne-1)+1 \quad \text{(e eine ganze positive Zahl)}$$

ist die Zahl

$$\xi \equiv D^{\frac{p-1+n}{p^2}} \pmod{p}$$

zur Wurzel.

Im Falle $n = 2$ ist

$$p \equiv 3 \pmod{4};$$

daher falls D quadratischer Rest von p ist, wird die Kongruenz

$$x^2 \equiv D \pmod{p}$$

durch die Formel

$$x \equiv \pm D^{\frac{p+1}{4}} \pmod{p}$$

gelöst.

(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften vom 12. Okt. 1936.)

ÖSSZETETT MODULUSOK PRIMITÍV GYÖKEI A GAUSS-FÉLE SZÁMTESTBEN.

RADOS GUSZTÁV r. tagtól.

Ismeretes, hogy a természetes egész számok körében a

$$2^2,\ p^\alpha,\ 2p'^\alpha.$$

(p bármely páratlan törzsszám)

típusok szolgáltatják az összes összetett számokat, amelyeknek a következő tulajdonságaik vannak:

1. Reájuk nézve mint modulusokra WILSON általánosított tétele érvényes.

2. Nekik mint modulusoknak ugyanannyi quadratikus maradékuk van mint nem-maradékuk.

3. Ők az egyedüliek, amelyeknek primitív gyökeik vannak.

E tényállástól némileg eltérő viszonyokkal találkozunk a GAUSS-féle számtest esetében. Ha a GAUSS-féle számtest egyetlen páros törzsszámát ezentúl k-val jelöljük, úgyhogy

$$k = 1 + i,$$

(amely számnak e számtestben hasonló szerep jut, mint a 2-nek a racionális számtestben) akkor a

$$k^2,\ k^3,\ p^\alpha,\ kp^\alpha \qquad (S)$$

(p bármely páratlan komplex törzsszám)

típusok meghatározta összetett komplex számok az egyedüliek, amelyek a fent fölsorolt 1., 2. alatti tulajdonságokkal vannak fölruházva, míg a 3. alatti tulajdonsággal az (S) alatti típusokból folyó összetett számok közül csak azok, amelyeknél p kéttagú páratlan törzsszám. Így például sem p^α-nak, sem pedig kp^α-nak

primitív gyöke nincsen, ha p egytagú páratlan komplex törzsszám, azaz $4n+3$ alakú racionális törzsszám valamely asszociált értéke.

Hogy az (S) sorozat számai az 1. és 2. alatt említett tulajdonsággal bírnak, azt már «Adalékok a Gauss-féle számtest elméletéhez» című értekezésemben kimutattam. (L. jelen folyóirat LIV. k. 250. l.) A jelen dolgozatban az (S) típusú összetett számokról ki fogom mutatni, hogy kéttagú páratlan p törzsszámok esetében ők az egyedüliek, amelyeknek primitív gyökük van.

I. Fogalmi megállapítások és segédtételek.

1. Ha

$$n = a + bi,$$

akkor

$$a^2 + b^2 = N(n)$$

az $a+bi$ komplex szám normájának neveztetik.

2. Az n modulusra vonatkozó maradékosztályok száma $N(n)$-nel egyenlő. Ha e maradékosztályok mindegyikéből egy-egy számot kiválasztunk, akkor ezeknek

$$r_1, r_2, \ldots, r_{N(n)}$$

sorozata *teljes maradéksort* szolgáltat.

3. Ha e teljes maradéksorból elhagyjuk mindazokat a számokat, amelyeknek az n modulussal valódi közös osztójuk van, az n redukált maradéksorát kapjuk. Legyen ez

$$r_{i_1}, r_{i_2}, \ldots, r_{i_{\psi(n)}},$$

ahol $\psi(n)$ a redukált maradéksorban foglalt számok számát jelenti. A $\psi(n)$ értéke a következő módon adódik:

Ha az n törzstényezős előállítása

$$n = p_1^{\alpha_1} p_2^{\alpha_2} \ldots p_r^{\alpha_r},$$

akkor

$$\psi(n) = [N(p_1)]^{\alpha_1 - 1}\,[N(p_1)-1]\,[N(p_2)]^{\alpha_2-1}\,[N(p_2)\quad 1]\ldots$$
$$\ldots N(p_r)^{\alpha_r-1}\,[N(p_r)-1].$$

4. *Fermat kongruenciája.* Ha r az n redukált maradéksorának tetszésszerinti száma, akkor fennáll az

$$r^{\psi(n)} \equiv 1 \pmod{n}$$

kongruencia, melyet FERMAT-féle kongruenciának, a $\psi(n)$ kitevőt pedig FERMAT-féle kitevőnek nevezzük.

5. Ha d a legkisebb pozitív kitevő, amelyre nézve az n redukált maradéksorának r számára vonatkozóan fennáll az

$$r^d \equiv 1 \pmod{n}$$

kongruencia, akkor $r \pmod{n}$ a d kitevőhöz tartozik, amit így jelölünk

$$\text{Exp.}(r) = d \pmod{n}.$$

Könnyen kimutatható, hogy d mindenkor $\psi(n)$ osztója. FERMAT tételénél fogva

$$d \leqq \psi(n)$$

és ha

$$\psi(n) = dq + d',$$

ahol q a $\psi(n)$-nek a d osztóra vonatkozó hányadosa, d' pedig maradéka, akkor

$$0 \leqq d' < d$$

és FERMAT kongruenciájánál fogva

$$1 \equiv r^{\psi(n)} \equiv (r^d)^q r^{d'} \pmod{n},$$

tehát

$$r^{d'} \equiv 1 \pmod{n}.$$

Az a föltevés, hogy d' a zérustól különböző, arra az ellentmondásra vezet, hogy a d-nél kisebb pozitív d' kitevő léteznék, amelyre r-et fölemelve (mod n) egyet kapunk, tehát volna a legkisebbnél kisebb, ami abszurdum. Kell tehát, hogy

$$d' = 0$$

legyen, azaz, hogy d a $\psi(n)$-nek osztója legyen.

6. Ha n redukált maradéksorának valamely száma a FERMAT-féle $\psi(n)$ kitevőhöz tartozik, akkor azt az n modulus *primitív gyökének* nevezzük.

II. Komplex törzsszám primitív gyökei.

Legyen p tetszésszerinti komplex törzsszám, akkor — mint már az I. fejezet 5. pontjában említettük — az a kitevő, amelyhez $g \pmod p$ tartozik a

$$\psi(p) = N(p) - 1$$

FERMAT-féle kitevőnek osztója. Azt kérdezzük, hogy ennek megfordítása is igaz-e? Ki fogjuk mutatni, hogy a válasz erre a kérdésre igenlő, amennyiben a következő tételt fogjuk bebizonyítani:

Ha d a $N(p)-1$-nek osztója, akkor a p komplex törzsszám redukált maradéksorában pontosan $\varphi(d)$ számú olyan szám foglaltatik, amely a d kitevőhöz tartozik, ahol a $\varphi(d)$ EULER*-féle számelméleti függvény az*

$$1, 2\ldots., d-1$$

sorozat ama számainak számát jelenti, amelyek a d-hez képest relatív törzsszámok.

Csak teljesség kedveért iktatom ide e tétel bebizonyítását, amely teljesen azonos a racionális számtest analog tételének bebizonyításával.

A p komplex törzsszám redukált maradéksorában vagy egyetlen egy szám sincsen, amely a d kitevőhöz tartozik, vagy vannak ilyen számok; ha a d kitevőhöz tartozó számok számát $\omega(d)$-vel jelöljük, akkor vagy

$$\omega(d) = 0,$$

vagy

$$\omega(d) > 0.$$

Ki fogjuk mutatni $\omega(d)$ zérussal egyenlő nem lehet.

Ha $\omega(d)>0$, akkor legyen g oly száma p redukált maradéksorának, amely a d kitevőhöz tartozik és amely tehát az

$$x^d \equiv 1 \pmod p \tag{1}$$

kongruenciát kielégíti; vele együtt a

$$g, g^2, \ldots, g^{d-1}, g^d \tag{s}$$

mod p egymástól különböző számok az (1) alatti kongruenciát ki fogják elégíteni, mert

$$(g^k)^d \equiv (g^d)^k \equiv 1^k \equiv 1 \pmod{p}$$

és mivel az (s) sorozatnak $d \pmod{\rho}$ különböző száma van és az (1) alatti törzsszám modulusra vonatkozó kongruenciának fokszámát fölülmúló számú gyöke nem lehet, az (s) sorozat már az összes számokat tartalmazza, amelyeknek d-dik hatványa 1-gyel kongruens (mod p). Ezek közül melyek tartoznak a d kitevőhöz? Hogy erre megfelelhessünk, határozzuk meg azt a kitevőt, amelyhez g^k tartozik. Ha

$$(g^k)^\delta \equiv 1 \pmod{p},$$

akkor, mivel feltevésünk szerint g a d kitevőhöz tartozik, kell, hogy d a $k\delta$-nak osztója legyen, azaz

$$k\delta = de \qquad (e \text{ egész szám}) \tag{2}$$

és ha k és d legnagyobb közös osztója

$$(k, d) = t,$$

úgyhogy

$$k = k't, \; d = d't, \; (k', d') = 1,$$

akkor (2)-ből következik, hogy

$$\frac{k'\delta}{d'} = e \qquad (e \text{ egész szám})$$

és mivel k' a d'-hoz relatív prím

$$\delta = d'e', \qquad (e' \text{ egész szám})$$

tehát az összes pozitív kitevők, amelyekre g^k hatványa fölemelve (mod p) 1-gyet szolgáltat, a következők

$$d', 2d', 3d', \ldots$$

Ezek között a legkisebb d' és így

$$\text{Exp. } (g^k) = d' = \frac{d}{(k, d)} \pmod{p}.$$

Most már világos, hogy az

$$\text{Exp. } (g^k) \quad d \pmod{p},$$

egyenlőség akkor és csak akkor állhat fenn, midőn

$$(k, d) = 1$$

és így az (s) alatti hatványok között azok és csak azok tartoznak a d kitevőhöz, amelyeknek kitevője a d-hez képest relatív prím és ennek következtében a számok $\varphi(d)$-vel egyenlő.

Az eddigiek összefoglalásából következik, hogy $\omega(d)$ vagy zérussal vagy $\varphi(d)$-vel egyenlő. Hogy zérussal nem lehet egyenlő, a következő megfontolásból derül ki. Ismeretes, hogyha

$$1, d_1, d_2, \ldots, d_\nu$$

a $N(p)-1$ összes osztói, hogy akkor

$$\sum_{\alpha=1}^{\nu} \varphi(d_\alpha) = N(p)-1\,; \tag{3}$$

mivel továbbá a kitevők, amelyekhez p redukált maradéksorának számai tartoznak mindannyian $(N(p)-1)$-nek osztói, amiért

$$\sum_{\alpha=1}^{\nu} \omega(d_\alpha) = N(p)-1 \tag{4}$$

és (3) alatti egyenlőségből a (4) alattit levonván, a

$$\Sigma[\varphi(d_\alpha) - \omega(d_\alpha)] = 0$$

egyenlőség adódik, ahol az összeg jele alatti kifejezés negatív nem lehet és mivel nem negatív számok összege csak akkor lehet zérussal egyenlő, ha mindegyikük külön-külön zérussal egyenlő, végül következik, hogy

$$\omega(d) = \varphi(d),$$

amivel a fent kimondott tétel be van bizonyítva.

Mivel a p primitív gyökei a $N(p)-1$ kitevőhöz tartoznak, azért a p primitív gyökeinek száma:

$$\varphi[N(p)-1].$$

III. Páratlan komplex törzsszámok elsőnél magasabb hatványainak primitív gyökei.

Amíg a komplex törzsszámok első hatványai a racionális törzsszámokkal teljesen analog viselkedést tanusítanak, addig magasabb hatványaik primitív gyökök tekintetében tetemes el-

téréseket tapasztalunk. Ezeknek szembeötlőbb föltüntetése végett külön alfejezetekben tárgyalom az egytagú páratlan komplex törzsszámok, a kéttagú páratlan törzsszámok és a $k = 1 + i$ egyetlen páros törzsszám magasabb hatványaihoz tartozó primitív gyökök kérdését.

1. Egytagú páratlan törzsszámok magasabb hatványainak esete.

Itt azzal a nevezetes ténnyel találkozunk, hogy az *egytagú páratlan törzsszámok elsőnél magasabb hatványaiknak primitív gyökeik nincsenek.* Ezt a tényállást már DIRICHLET vette észre, de bebizonyítás nélkül említi «Untersuchungen über die Theorie der complexen Zahlen» című 1841-ben egyik értekezésében (Abhandlungen der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften von 1841 S. 141—161; l. továbbá G. LEJEUNE DIRICHLET's Werke II. Bd. pag. 516). Az alantiakban közlöm e tétel bebizonyítását.

Az egytagú komplex törzsszámok nem egyebek, mint a $p \cdot 4n+3$ alakú valós törzsszámok associált értékeik. Minthogy valamely kongruencia a modulus associált értékei mellett is helyes kongruenciát szolgáltat (hiszen, ha két szám különbsége valamely komplex számmal osztható, ennek associált értékeivel is osztható), azért elegendő lesz a tételt a GAUSS-féle számtestben

$$p = 4n + 3$$

alakú valós törzsszámokra bebizonyítani.

Mint ismeretes, a valós p törzsszám normája a GAUSS-féle számtestben

$$N(p) = p^2,$$

és így a FERMAT-féle kitevő

$$\psi(p) = N(p) - 1 = p^2 - 1.$$

Ha g a p^α modulus redukált maradéksorának tetszésszerinti száma, akkor ez bizonyára p-hez relatív törzsszám lévén, FERMAT tétele értelmében a

$$g^{\psi(p)} = g^{p^2-1} \equiv 1 \pmod{p} \qquad (1)$$

kongruencia áll fenn. A p^α modulusra nézve a FERMAT-féle kitevő

$$\psi(p^\alpha) = [N(p)]^{\alpha-1}[N(p)-1] = p^{2\alpha-2}(p^2-1).$$

A $g \pmod{p^\alpha}$ primitív gyök tehát csak akkor lenne, ha $\psi(p^\alpha)$ a legkisebb pozitív kitevő, amelyre g-t fölemelve $(\mathrm{mod}\ p^\alpha)$ 1-et kapunk. Azonban könnyen kimutatható, hogy bármilyen száma is legyen g a p^α redukált maradéksorának, már a

$$t = p^{\alpha-1}(p^2-1)$$

hatványa $(\mathrm{mod}\ p^\alpha)$ 1-et szolgáltat.

Az

$$\alpha = 1$$

esetre ez közvetlenül látható, amint ezt az (1) alatti kungruencia mutatja. Az

$$\alpha > 1$$

esetekben állításunk teljes indukcióval mutatható ki. Föltéve ugyanis, hogy

$$g^{p^{\alpha-1}(p^2-1)} \equiv 1 \pmod{p^\alpha} \tag{2}$$

könnyen kimutatható, hogy akkor a

$$g^{p^\alpha(p^2-1)} \equiv 1 \pmod{p^{\alpha+1}} \tag{3}$$

is fennáll, azaz, ha állításunk az α kitevő esetére helyes, akkor helyes az $\alpha+1$ kitevőre is.

Ugyanis az (2) alatti kongruenciából következik a

$$g^{p^\alpha\ 1(p^2-1)} \equiv 1 + ep^\alpha$$

egyenlőség, amelyben e egész számot jelent. Ha ennek az egyenlőségnek mindkét oldalát p-dik hatványra emeljük, a

$$g^{p^\alpha(p^2-1)} = 1 + \binom{p}{1} ep^\alpha + \binom{p}{2} e^2 p^{2\alpha} + \cdots + \binom{p}{p} e^p p^{\alpha p}$$

egyenlőség adódik, amelynek jobboldalán az első tagot követő tagok mindegyike $p^{\alpha+1}$-gyel osztható, mivel

$$\alpha > 1;$$

de akkor csakugyan

$$g^{p^{\alpha-1}(p^2-1)} \equiv 1 \pmod{p^{\alpha+1}},$$

azaz a (3) alatti kongruencia helyes. Mivel pedig az $a>1$ esetekben

$$t = p^{a-1}(p^2 - 1)$$

kisebb a

$$\psi(p^a) = p^{2a-2}(p^2 - 1)$$

FERMAT-féle kitevőnél, ezzel kimutattuk, hogy p^a redukált maradéksorának bármely száma a $\psi(p^a)$-nál kisebb kitevőhöz tartozik, amivel be van bizonyítva, hogy egytagú páratlan komplex törzsszámok elsőnél magasabb hatványainak primitív gyökeik nincsenek.

2. Kéttagú páratlan törzsszámok magasabb hatványainak primitív gyökei.

Legyen

$$p = a + bi$$

kéttagú páratlan törzsszám, úgyhogy

$$N(p) = a^2 + b^2 = \pi \equiv 1 \pmod 4),$$

akkor a következő tétel áll fenn:

A kéttagú páratlan komplex p törzsszám p^a hatványának redukált maradéksorában

$$\varphi[\psi(\pi^2)] = (\pi - 1)\varphi(\pi - 1) \pmod{p^2}$$

számú oly szám van, amely a

$$\psi(p^a) = \pi^{a-1}(\pi - 1)$$

FERMAT-*féle kitevőhöz tartozik, azaz p^a-nak primitív gyöke, ahol φ az ismeretes* EULER-*féle számelméleti függvény.*

Mindenekelőtt kimutatható a következő tétel:

Ha g a p^{a+1}nek primitív gyöke, akkor a p^anak is primitív gyöke, mégpedig olyan, hogy

$$g^{\psi(p^a)} - 1 \not\equiv 0 \pmod{p^{a+1}}.$$

Ha g p^{a+1}-nek primitív gyöke, akkor fölvetjük a kérdést, hogy $g \pmod{p^a}$ mely kitevőhöz tartozik? Ha ez d-vel egyenlő, akkor a

$$g^d \equiv 1 \pmod{p^a}$$

kongruenciából a

$$g^d = 1 + ep^\alpha$$

egyenlőség következik, amelyben e komplex egész számot jelent. Ezt az egyenlőséget mindkét oldalon a $N(p) = \pi$ hatványon emelvén, a

$$g^{d\pi} = (1+ep^\alpha)^\pi = 1 + \pi ep^\alpha + \pi\frac{\pi-1}{2}e^2p^{2\alpha} + \cdots + \left(\begin{matrix}\pi\\ p\end{matrix}\right)e^\pi p^{\alpha\pi}$$

egyenlőség adódik, amelynek jobboldalán az első tagot követő tagok mindegyike $p^{\alpha+1}$-gyel osztható, mivel

$$\pi = N(p)$$

p-vel osztható. Ebből az egyenlőségből tehát a

$$g^{d\pi} \equiv 1 \pmod{p^{\alpha+1}}$$

kongruencia következik és mivel g a $p^{\alpha+1}$ modulusra nézve a

$$\psi(p^{\alpha+1}) = \pi^\alpha(\pi-1)$$

kitevőhöz tartozik, kell, hogy $d\pi$ a $\psi(p^{\alpha+1})$-gyel osztható legyen, amiből következik, hogy

$$d\pi = e_1\psi(p^{\alpha+1}), \tag{1}$$

ahol e_1 pozitív egész szám. De mivel FERMAT tételének értelmében

$$g^{\psi(p^\alpha)} \equiv 1 \pmod{p^\alpha}$$

és $g \pmod{p^\alpha}$ a d kitevőhöz tartozik, kell, hogy $\psi(p^\alpha)$ a d-vel osztható legyen, azaz, hogy

$$\psi(p^\alpha) = e_2 d \tag{2}$$

legyen, ahol ez ismét pozitív egész számot jelent. Az (1) és (2) alatti egyenlőségek szorzása a

$$d\pi\psi(p^\alpha) = e_1e_2d\psi(p^{\alpha+1}) \tag{3}$$

egyenlőségre vezet, és minthogy

$$\psi(p^{\alpha+1}) = \pi^\alpha(\pi-1) = \pi[\pi^{\alpha-1}(\pi-1)] = \pi\psi(p^\alpha)$$

(3)-ból végül következik, hogy

$$e_1e_2 = 1$$

és mivel e_1 és e_2 pozitív egész számok, hogy

$$e_1 = e_2 = 1,$$

de akkor a (2) alatti egyenlőség mutatja, hogy

$$d = \text{Exp.}(g) \pmod{p^\alpha} = \psi(p^\alpha),$$

azaz g a p^α modulusra nézve a $\psi(p^\alpha)$ FERMAT-féle kitevőhöz tartozik, tehát a p^α-nak primitív gyöke.

Végül könnyen kimutatható, hogy g a p^α-nak oly primitív gyöke, amelyre nézve

$$g^{\psi(p^\alpha)} - 1 \not\equiv 0 \pmod{p^{\alpha+1}}.$$

Ellenkező esetben

$$g^{\psi(p^\alpha)} \equiv 1 \pmod{p^{\alpha+1}}$$

állana fenn, amit az a körülmény kizár, hogy g a $p^{\alpha+1}$ modulus primitív gyöke és hogy

$$\psi(p^\alpha) < \psi(p^{\alpha+1}).$$

Most fordítva kimutatható a következő tétel is:

Ha g a p^α-nak oly primitív gyöke, amelyre nézve

$$g^{\psi(p^\alpha)} - 1 \not\equiv 0 \pmod{p^{\alpha+1}},$$

akkor g a $p^{\alpha+1}$ modulusnak is primitív gyöke.

Ha

$$\text{Exp.}(g) = d \pmod{p^{\alpha+1}},$$

akkor

$$g^d \equiv 1 \pmod{p^{\alpha+1}}$$

és mivel p^α a $p^{\alpha+1}$-nek osztója

$$g^d \equiv 1 \pmod{p^\alpha};$$

de g a p^α modulusra nézve a $\psi(p^\alpha)$ kitevőhöz tartozván, kell, hogy d a $\psi(p^\alpha)$-val osztható legyen, azaz, hogy a

$$d = e_3\psi(p^\alpha) \tag{4}$$

egyenlőség fennálljon, amelyben e_3 pozitív egész szám.

FERMAT tételénél fogva

$$g^{\psi(p^{\alpha+1})} \equiv 1 \pmod{p^{\alpha+1}}$$

és így, mivel g a $p^{\alpha+1}$ modulusra nézve a d kitevőhöz tartozik, $\psi(p^{\alpha+1})$ osztható d-vel, azaz

$$\psi(p^{\alpha+1}) = \pi\psi(p^\alpha) = e_4 d, \tag{5}$$

ahol e_4 ismét pozitív egész szám; a (4) és (5) alatti egyenlőségekből az

$$e_3 e_4 = \pi \tag{6}$$

egyenlőség következik. Mivel π, a p kéttagú páratlan komplex törzsszám normája, valós törzsszámnak első hatványa, a (6) alatti egyenlőség csak két eshetőséget enged meg, t. i. e_3 vagy 1-gyel vagy π-vel egyenlő.

1. eshetőség

$$e_3 = 1,$$

akkor a (4) alatti egyenlőségből

$$d = \psi(p^\alpha)$$

egyenlőség és a

$$g^{\psi(p^\alpha)} \equiv 1 \pmod{p^{\alpha+1}}$$

kongruencia következnék, de ezt kizárja az a föltevésünk, hogy g a p^α modulusnak oly primitív gyöke, amelyre nézve

$$g^{\psi(p^\alpha)} - 1 \not\equiv 0 \pmod{p^{\alpha+1}},$$

tehát az 1. eshetőség nem következhetik be.

2. eshetőség

$$e_3 = \pi:$$

ennek most már be kell következnie, de akkor a (4) alatti egyenlőség ebbe megy át:

$$d = \pi\psi(p^\alpha) = \pi\pi^{\alpha-1}(\pi-1) = \pi^\alpha(\pi-1) = \psi(p^{\alpha+1})$$

tehát

$$\text{Exp.}\,(g) \pmod{p^{\alpha+1}} = d = \psi(p^{\alpha+1}),$$

azaz g a $p^{\alpha+1}$ modulusnak primitív gyöke.

Ha a p-nek primitív gyökei

$$g_1, g_2, \ldots, g_k, \ldots, g_\nu,$$

ahol

$$\nu = \psi[N(p)-1] = \varphi(\pi-1)$$

és g_k primitív gyöke véletlenül olyan, hogy

$$g_k^{\psi(p)} = g_k^{N(p)-1} - 1 \equiv 0 \pmod{p^2}, \tag{6}$$

akkor a g_k számosztályában (mod p) mindig található oly

$$g_k' = g_k + tp$$

szám, amelyre nézve

$$g_k'^{N(p)-1} - 1 \not\equiv 0 \pmod{p^2}.$$

Ugyanis

$$g_k'^{N(p)-1} = g_k'^{\pi-1} = g_k^{\pi-1} + (\pi-1)\, g_k^{\pi-2} tp + p^2 u,$$

ahol u komplex egész szám, azaz

$$g_k'^{N(p)-1} - 1 \equiv g_k^{N(p)-1} - 1 + [N(p)-1]\, g_k^{N(p)-2} tp \pmod{p^2};$$

de a (6) alatti föltevés folytán

$$g_k^{N(p)-1} - 1 \equiv 0 \pmod{p^2},$$

úgyhogy

$$g_k'^{N(p)-1} - 1 \equiv [N(p)-1]\, tp \pmod{p^2};$$

ha a jobboldalon álló szorzat p^2-vel csak akkor osztható, ha t osztható p-vel, mivel $N(p)-1$ a p-hez képest relatív törzsszám. Ha tehát t-t úgy választjuk, hogy (mod p) a zérustól különböző legyen, akkor g_k' a p-nek oly primitív gyöke lesz, amelyre nézve

$$g_k'^{N(p)-1} - 1 \not\equiv 0 \pmod{p^2}.$$

Tehát a

$$g_k' = g_k + tp$$

mindannyiszor p^2-nek primitív gyöke, valahányszor

$$t \not\equiv 0 \pmod{p}$$

és így g_k' (mod p^2) a p^2 modulusnak $\pi-1$ számú primitív gyökét szolgáltatja, aminek következtében összesen (mod p^2)

$$(\pi-1)\,\varphi(\pi-1) = \varphi\big(\varphi(p)\big)$$

számú primitív gyök adódik.

Ilymódon fokozatosan a p bármely hatványának primitív gyökei meghatározhatók.

Megjegyzem, hogy ez a hosszadalmas levezetés független a primitív gyököknek a racionális tartományban való elméletétől. Ha ezt ismeretesnek tesszük fel, akkor DIRICHLET-nek egy elmés észrevétele alapján (L. G. Lejeune Dirichlet's Werke II. k. 115. l.)[1] a kéttagú komplex törzsszámok primitív gyökeiknek kérdése sokkal egyszerűbben elintézhető. Ugyanis fennáll a következő tétel:

[1] DIRICHLET az idézett helyen ezt bebizonyítás nélkül közli.

A p páratlan kéttagú komplex törzsszám primitív gyökei nem egyebek, mint a

$$N(p^\alpha) = \pi^\alpha = (a^2 + b^2)^\alpha \qquad (p = a + bi)$$

valós racionális törzsszámhatvány primitív gyökei a racionális számtestben.

Ha g a p páratlan komplex szám α-dik hatványának primitív gyöke, akkor a

$$g, g^2, \ldots, g^k, \ldots, g^{\psi(p^\alpha)}$$

hatványok sorozata a p^α modulus redukált maradéksorával azonos. A kitevő, amelyhez $g \pmod{p^\alpha}$ tartozik. mint ismeretes

$$d = \frac{\psi(p^\alpha)}{(k, \psi(p^\alpha))},$$

tehát g a p^α-nak akkor és csak akkor primitív gyöke, ha

$$(k, \psi(p^\alpha)) = 1,$$

azaz a k kitevő a $\psi(p^\alpha)$-hoz képest relatív törzsszám. A p^α-nak $(\mathrm{mod}\ p)$ tehát annyi primitív gyöke van, mint ahány szám az

$$1, 2, \ldots, k, \ldots, \psi(p^\alpha)$$

sorozatban relatív prím $\psi(p^\alpha)$-hoz képest. A p^α primitív gyökeinek száma

$$\sigma = \varphi[\psi(p^\alpha)].$$

Legyenek most már a

$$N(p^\alpha) = \pi^\alpha$$

racionális törzsszámhatványnak primitív gyökei a racionális számtestben

$$G_1, G_2, \ldots, G_k, \ldots, G_\nu, \qquad (P)$$

ahol

$$\nu = \varphi[\varphi(\pi^\alpha)] = \varphi[\pi^{\alpha-1}(\pi - 1)] = \varphi[\psi(p^\alpha)] = \sigma,^1$$

akkor könnyen kimutatható, hogy ezek közül bármelyik, például G_k, a GAUSS-féle számtestben a p^α modulusnak primitív gyöke. Ha ugyanis

$$\mathrm{Exp.}(G_k) = t \pmod{p^\alpha}$$

---

[1] L. P. G. LEJEUNE DIRICHLET «Vorlesungen über Zahlentheorie» 2. kiadás, pag. 337.

és feltesszük, hogy

$$t < \psi(p^\alpha),$$

helyes következtetéssel ellenmondáshoz jutunk. Ha G_k a t kitevőhöz tartozik, akkor fennáll a

$$G_k^t \equiv 1 \pmod{p^\alpha} \tag{8}$$

kongruencia; ez ismét helyes kongruenciát szolgáltat, ha benne a képzetes egységet, i-t fölcseréljük $-i$-vel, amikor G_k^t mint valós szám nem változik, p^α azonban átmegy $\overline{p}^\alpha$-ba, ahol $\overline{p}$ a p-nek konjugált értéke. Fennáll tehát a

$$G_k^t \equiv 1 \pmod{\overline{p}^\alpha} \tag{9}$$

kongruencia is. De a (8) és (9) alatti kongruenciák jelentésének értelmében ilymódon $G_k^t - 1$ a p^α és $\overline{p}^\alpha$ egymáshoz relatív prím törzsszámoknak közös többszöröse lévén, ezeknek

$$p^\alpha \overline{p}^\alpha = (p\overline{p})^\alpha = [N(p)]^\alpha = \pi^\alpha$$

szorzatával is osztható lenne, azaz a

$$G_k^t \equiv 1 \pmod{\pi^\alpha}$$

kongruencia fennállana. Ez azonban lehetetlen, mivel föltevésünk szerint G_k a racionális számtestben a

$$\varphi(\pi^\alpha) = \pi^{\alpha-1}(\pi - 1) = \psi(p^\alpha)$$

kitevőhöz tartozik. Az a kitevő, amelyhez $G_k \pmod{p^\alpha}$ tartozik, tehát $\psi(p^\alpha)$-nál kisebb nem lehet és így kell, hogy

$$\text{Exp. } [G_k] = \psi(p^\alpha) \pmod{p^\alpha}$$

legyen, azaz G_k a GAUSS-féle számtestben a p^α modulus primitív gyöke legyen. Ilyenmódon a (P) alatti számok mindegyike a p^α modulus primitív gyöke és mivel a (P) sorozatban foglalt számoknak száma

$$\nu = \varphi[\psi(p^\alpha)]$$

a p^α modulus összes primitív gyökeinek számával, σ-val, megegyezik a (P) sorozat a p^α modulusnak összes primitív gyökeit szolgáltatja.

Tekintsük át a viszonyokat a következő példán. Legyen kéttagú páratlan komplex törzsszám

$$p = 1 + 2i,$$

akkor

$$N(p) = 1 + 2^2 = 5, \quad N(p^2) = 5^2 = 25$$
$$\psi(p) = N(p) - 1 = 4, \quad \psi(p^2) = N(p)\,[N(p)-1] = 5.4 = 20;$$

határozzuk meg

$$p^2 = -3 + 4i$$

primitív gyökeit. DIRICHLET tétele szerint ezek nem egyebek, mint a

$$N(p^2) = 25 = 5^2$$

törzsszámhatványnak primitív gyökei a racionális számtartományban. Ezek rekurzív úton határozandók meg. Az 5-nek redukált maradéksora

$$1, \quad 2, \quad 3, \quad 4$$

és mivel

$$\text{Exp. } (1) = 1, \quad \text{Exp. } (2) = 4, \quad \text{Exp. } (3) = 4, \quad \text{Exp. } (4) = 2 \pmod 5,$$

azért

$$g_1 = 2, \quad g_2 = 3$$

5-nek primitív gyökei. Ezekből adódnak a $N(p) = 25$ primitív gyökei. Ezek ugyanis a

$$2 + 5t \quad \text{és} \quad 3 + 5t \qquad (L)$$

lineár formák számkészleteiknek ama számai, amelyeknek 1-gyel kisebbített 4. hatványaik 25-tel nem oszthatók. Az (L) alatti lineár formák (mod 25) a

$$2, \quad 7, \quad 12, \quad 17, \quad 22$$
$$3, \quad 8, \quad 13, \quad 18, \quad 23$$

számokkal képviselt maradékosztályokat szolgáltatják. Mivel

$$7^2 - 1 = 2400 \quad \text{és} \quad 18^2 - 1 = 11475$$

25-tel oszthatók, a $N(p^2)=25$-nek és így egyszersmind a

$$p^2 = -3 + 4i$$

primitív gyökei a

$$\begin{matrix} 2, & 12, & 17, & 22 \\ 3, & 8, & 13, & 23 \end{matrix} \pmod{25}$$

számokkal képviselt maradékosztályoknak számai. E maradékosztályok száma σ csakugyan

$$\sigma = \varphi\,[\psi(25)] = \varphi(20) = 8.$$

IV. A $k^\alpha = (1+i)^\alpha$ primitív gyökei.

Az egyetlen páros komplex törzsszám,

$$k = 1 + i$$

ismét eltérő magatartást tanusít a racionális számtest egyedüli páros törzsszámának a 2-nek viselkedésétől. Amíg ugyanis a 2 csak első két hatványának a 2-nek és 4-nek vannak primitív gyökeik, addig a k első három hatványai

$$k,\ k^2,\ k^3$$

bírnak primitív gyökökkel, míg a 3-nál magasabb hatványainak primitív gyökeik nincsenek.

Minthogy minden törzsszám első hatványáról kimutattuk, hogy primitív gyökeik vannak, tehát a

$$k = 1 + i$$

páros törzsszámnak is van primitív gyöke, ez — mint könnyen kimutatható — $g = 1$.

A k második hatványának, a

$$k^2 = (1+i)^2 = 2i$$

komplex számnak teljes maradéksora:

$$0,\ 1,\ i,\ 1+i,$$

redukált maradéksora

$$1,\ i$$

és minthogy

$$\text{Esp.}\,(1) = 1,\ \text{Exp.}\,(i) = 2$$

és

$$\psi(k^2) = \psi(2i) = 2$$

azért $g = i$ a k^2-nek primitív gyöke.

A k harmadik hatványának, a

$$k^3 = -2 + 2i$$

komplex számnak teljes maradéksora:

$$\begin{matrix} 0, & 1, & 2, & 3 \\ i, & 1+i, & 2+i, & 3+i; \end{matrix}$$

redukált maradéksora:

$$1,\ 3,\ i,\ 2+i;$$

FERMAT-féle kitevője:

$$\varphi(k^3) = [N(k)]^2\,[N(k)-1] = 4.$$

Egyszerű számítás mutatja, hogy

$$\text{Exp.}\,(1) = 1,\ \text{Exp.}\,(3) = 2,\ \text{Exp.}\,(i) = 4,\ \text{Exp.}\,(2+i) = 4 \pmod{k^3};$$

tehát i és $2+i$, mint a FERMAT-féle kitevőhöz tartozó számok a a k^3-nak primitív gyökei.

A k negyedik hatványának, a

$$k^4 = -4$$

komplex számnak teljes maradéksora

$$\begin{array}{llll} 0, & 1, & 2, & 3, \\ i, & 1+i, & 2+i, & 3+i, \\ 2i, & 1+2i, & 2+2i, & 3+2i, \\ 3i, & 1+3i, & 2+3i, & 3+3i; \end{array} \pmod{k^3}$$

redukált maradéksora

$$1,\ 3,\ i,\ 2+i,\ 1+2i,\ 3+2i,\ 3i,\ 2+3i.$$

A kitevők, amelyekhez e redukált maradéksor számai tartoznak rendre

$$\begin{array}{ll} \text{Exp.}\,(1)=1, & \text{Exp.}\,(3+2i)=2, \\ \text{Exp.}\,(3)=2, & \text{Exp.}\,(3=2i)=2, \\ \text{Exp.}\,(i)=4, & \text{Exp.}\,(3i)=4, \\ \text{Exp.}\,(1+2i)=4 & \text{Exp.}\,(2+3i)=4. \end{array} \pmod{k^3}$$

Látnivaló, hogy a redukált maradéksor minden számának már 4. hatványa (mod k^3) 1-gyel kongruens. Mivel pedig

$$4 < \varphi(k^4) = N(k)^3\,[N(k)-1] = 8,$$

azért a k^4-nek primitív gyökei nincsenek.

Amint látható a k^4 modulus esetében a redukált maradéksor bármely száma, azaz a teljes maradéksor bármely páratlan komplex száma, v, már a

$$v^{\frac{1}{4}\varphi(k^4)} \equiv 1 \pmod{k^4}$$

kongruenciát kielégíti.

Teljes indukcióval könnyen kimutatható, hogy *valahányszor*

$$\alpha > 4$$

a k^α *redukált maradéksorának bármely* v *számra fennáll a*

$$v^{\frac{1}{2}\psi(k^\alpha)} \equiv 1 \pmod{k^\alpha} \tag{1}$$

kongruencia.

Mivel

$$\psi(k^\alpha) = [N(k)]^{\alpha-1}\,[N(k)-1] = 2^{\alpha-1},$$

azért

$$\tfrac{1}{2}\psi(k^\alpha) = 2^{\alpha-2}$$

és így az (1) alatti kongruencia igy irható:

$$v^{2^{\alpha-2}} \equiv 1 \pmod{k^\alpha}. \tag{2}$$

Ha a modulus $k^{\alpha+1}$, akkor a (2) alatti kongruenciának megfelelő kongruencia

$$v^{2^{\alpha-1}} \equiv 1 \pmod{k^{\alpha+1}}. \tag{3}$$

Erről kell kimutatnunk, hogy helyes, ha helyesnek vesszük föl a (2) alatti kongruenciát. A

$$v^{2^{\alpha-1}} - 1 = (v^{2^{\alpha-2}} - 1)(v^{2^{\alpha-2}} + 1)$$

egyenlőség jobboldalán álló szorzat első tényezője a (2) alatti kongruencia fennállása folytán k^α-val osztható, a második tényező mint páros komplex szám k-val osztható és így az egész szorzat és a vele egyenlő

$$v^{2^{\alpha-1}} - 1$$

legalább $k^{\alpha+1}$-gyel osztható, ami mutatja, hogy a (3) alatti kongruencia helyes. Ha tehát állításunk az α kitevő esetében helyes, akkor helyes az $\alpha+1$ kitevő esetére is, és mivel az $\alpha=4$ kitevő esetére már helyesnek bizonyult, helyes lesz minden a 4-nél nem kisebb kitevő esetére is.

V. Összetett komplex egész számok primitív gyökei.

Legyen az n összetett komplex egész szám törzstényezős előállítása

$$n = k^\alpha p_1^{\alpha_1} p_2^{\alpha_2} \ldots p_r^{\alpha_r},$$

ahol

$$k = 1 + i$$

és

$$p_1, p_2, \ldots, p_r$$

páratlan komplex törzsszámok. Ha v az n-hez képest relatív törzsszám, akkor relatív prím lévén a

$$k^\alpha, p_1^{\alpha_1}, \ldots, p_r^{\alpha_r}$$

számokhoz is, FERMAT tétele értelmében a következő kongruenciák állanak fenn:

$$\begin{aligned} v^{\psi(k^\alpha)} &\equiv 1 \pmod{k^\alpha} \\ v^{\psi(p_1^{\alpha_1})} &\equiv 1 \pmod{p_1^{\alpha_1}} \\ &\cdots\cdots\cdots\cdots \\ v^{\psi(p_r^{\alpha_r})} &\equiv 1 \pmod{p_1^{\alpha_r}} \end{aligned} \tag{1}$$

és ha

$$m = \text{Mult.}\,[\psi(k^\alpha), \psi(p_1^{\alpha_1}), \ldots, \varphi(p_1^{\alpha_r})],$$

a jobboldal szögletes zárójelében foglalt számok legkisebb többszöröse, akkor fennáll még a

$$\begin{aligned} v^m &\equiv 1 \pmod{k^\alpha} \\ v^m &\equiv 1 \pmod{p_i^{\alpha_i}} \\ &\qquad i = 1, 2, \ldots, r \end{aligned} \tag{2}$$

kongruenciát is, mert

$$v^m = \left[v^{\psi(k^\alpha)}\right]^{\frac{m}{\psi(k^\alpha)}} \equiv 1^{\frac{m}{\psi(k^\alpha)}} \equiv 1 \pmod{k^\alpha}$$

és

$$v^m = \left[v^{\psi(p_i^{\alpha_i})}\right]^{\frac{m}{\psi(p_i^{\alpha_i})}} \equiv 1^{\frac{m}{\psi(p_i^{\alpha_i})}} \equiv 1 \pmod{p_i^{\alpha_i}}.$$

Ennek következtében $v^m - 1$ a

$$k^\alpha, p_1^{\alpha_1}, \ldots, p_r^{\alpha_r} \tag{3}$$

közös többszöröse és mint ilyen e számok legkisebb többszörösével osztható. Mivel a (3) alatti számok közül bármely kettő egymáshoz képest relatív törzsszám, legkisebb többszörösük

$$\text{Mult.}\,[k^\alpha, p_1^{\alpha_1}, p_2^{\alpha_2}, \ldots, p_r^{\alpha_r}] = k^\alpha p_1^{\alpha_1} p_2^{\alpha_2} \ldots p_r^{\alpha_r} = n,$$

azért tehát $v^m - 1$ osztható n-nel, azaz fennáll a

$$v^m \equiv 1 \pmod{n} \tag{4}$$

kongruencia. Ez mutatja, hogy valahányszor

$$m = \text{Mult.}\,[\psi(k^\alpha),\ \psi(p_1^{\alpha_1}),\ldots,\ \psi(p_r^{\alpha_r}) < \psi(n)$$

v nem primitív gyöke n-nek. Mivel

$$\psi(n) = \psi(k^\alpha).\psi(p_1^{\alpha_1})\ldots\psi(p_r^{\alpha_r}),$$

az m a $\psi(n)$-nel egyenlő csak akkor lehet, ha

$$\psi(k^\alpha) = 2^{\alpha-1},\ \psi(p_i^{\alpha_i}) = [N(p_i)]^{\alpha_i-1}\,[N(p_i) - 1]$$
$$(i=1, 2, \ldots, r)$$

számok közül bármely kettő egymáshoz képest relatív prím. A $N(p_i)-1$ számok mindegyike valós páros szám. Ha tehát

$$r > 1,$$

akkor biztosan bekövetkezik, hogy

$$m < \psi(n)$$

tehát v nem primitív gyök. Primitív gyöke n-nek csak akkor lehet, ha

$$r = 1$$

és így n ily alakú

$$n = k^\alpha p_1^{\alpha_1},$$

amikor

$$m = \text{Mult.}\,\{2^{\alpha-1},\ N(p_1)^{\alpha_1-1}\,[N(p_1)-1]\}$$

és

$$\psi(n) = 2^{\alpha-1}\,N(p_1^{\alpha_1})\,[N(p_1)-1].$$

Innen közvetlenül látható, hogy

$$m = \psi(n)$$

csak akkor lehet, ha vagy $\alpha_1=0$ és $\alpha = 1, 2, 3$; vagy pedig $\alpha=0$ és α_2 tetszőleges vagy végül $\alpha=1$ és α_1 tetszőleges, úgyhogy az egyedüli összetett modulusok, amelyeknek primitív gyökeik vannak

$$(1+i)^2,\ (1+i)^3,\ p_1^{\alpha_1},\ (1+i)p_1^{\alpha_1}$$

típusokhoz tartozó számok, amelyekben p_1 bármely kéttagú páratlan komplex törzsszámot jelenthet.

(A M. Tud. Akadémia III. osztályának 1936. okt. 12-én tartott üléséből.)

ÜBER DIE PRIMITIVEN WURZELN ZUSAMMENGESETZTER ZAHLEN IM GAUSS'SCHEN ZAHLKÖRPER.

Von GUSTAV RADOS o. Mitglied.

Im vorstehenden Aufsatz wurde der Nachweis dafür geführt, dass im GAUSS'schen Zahlkörper nur die zu den Typen

$$(1+i)^2,\ (1+i)^3,\ p^\alpha,\ (1+i)p^\alpha \qquad (T)$$

gehörigen zusammengesetzten Zahlen primitive Wurzeln besitzen, wobei p eine beliebige ungerade zweigliedrige Komplex primzahl sein kann.

Zugleich sind die zu den Typen (T) gehörigen zusammengesetzten Komplexen Zahlen der alleinigen für die der verallgemeinerte WILSON'sche Satz in Geltung bleibt und für die die Anzahl ihrer quadratischen Reste und Nichtreste übereinstimmt, wobei jedoch p hier eine beliebige ungerade Primzahl (also auch eingliedrige) sein kann.

Die analogen Sütze im natürlichen Rationalitätbereich gelten für alle zusammengesetzte Zahlen vom Typus

$$2^2,\ p^\alpha,\ 2p^\alpha$$

wo p eine beliebige ungerade reelle Primzahl sein kann.

Bemerkenswert ist der abweichende Verhalten der obenerwähnten Tatsachen im GAUSS'schen Zahlkörper.

(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften vom 12. Oktober 1936.)

A RÖNTGEN-SUGÁRZÁS ENERGIÁJÁNAK MÉRÉSE.

III. rész.

CSÁSZÁR ELEMÉR lev. tagtól.

Hasonló című régebbi dolgozatomban[1] ismertettem egy készüléket, mely alkalmas a Röntgen-sugárzás erősségének (I_0) vagyis az 1 négyzetcentiméterre merőlegesen 1 mp. alatt eső sugárzó-energiának a megmérésére. A készüléket Röntgen-ergométernek neveztem el, mert a sugárzás erősségét erg/cm^2.sec egységben lehet vele mérni. Néha előnyösnek látszik az erg helyett százszorosát: a hektoerget használni egység gyanánt. Dolgozatom végén csak egészen röviden vázoltam az elnyelt sugárzás mérésére vonatkozó alapelveket, most azonban részletesen óhajtom ismertetni, hogy mi módon lehet az ergométerrel megmérni az *elnyelt Röntgen-sugáradagot* vagy más néven a *dózist* (D).

1. A dózis meghatározása és egységei.

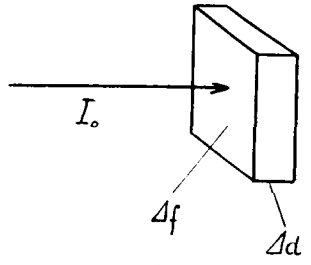
Térfogati dózis (D^{kem}) alatt értjük valamely test kicsiny térfogatú része által elnyelt energia (ΔE) és a kicsiny térfogat (Δv) hányadosát. Tehát

$$D^{kem} = \frac{\Delta E}{\Delta v}.$$

Azt is szokták mondani, hogy *a térfogati dózis jelenti a testnek 1 köbcentimeternyi részében elnyelt sugárzást.* A meghatározásból következik, hogy e dózis jellege energia/köbcm,

[1] Császár E. Mat. és Term. Ért. LII. 1. o., 1934.

tehát kifejezhető erg/cm³ vagy hektoerg/cm³ egységben. Minden további nélkül belátható, hogy ez a dózis függ a sugárzás erősségétől és minéműségétől, továbbá az elnyelő testtől.



1. kép.

Minthogy az ergométerrel közvetlenül a sugárzás erősségét mérjük meg, a dózis kiszámítása végett összefüggést kell megállapítanunk a D^{kcm} és az I_0 között. E végett gondoljunk a testnek egy lemezszerű térfogatelemére, melynek vastagsága Δd és melynek Δf területű alapjára merőlegesen esik az I_0 erősségű Röntgen-sugárzás (1. kép). Legyen a *valódi* elnyelési együttható $\bar{\mu}$. Ekkor a t idő alatt a kicsiny test által elnyelt energia

$$\Delta E = I_0 \Delta f . \mu . \Delta d . t = I_0 \bar{\mu} . \Delta v . t.$$

Ebből a térfogati dózis

$$D^{kcm} \quad I_0 \mu t.$$

A másodpercre vonatkoztatott térfogati dózis vagy röviden a térfogati másodperc-dózis vagy dózis-teljesítmény (D^{kcm}_{mp}) a következő:

$$D^{kcm}_{mp} \quad \frac{D^{kcm}}{t} = I_0 \bar{\mu}. \tag{1}$$

Tehát a térfogati másodperc-dózist úgy kapjuk meg, hogy a sugárzás erősségét megszorozzuk a valódi elnyelési együtthatóval; kifejezhető erg/cm³.sec egységben.

Az elnyelési együttható többek között a test sűrűségétől, tehát egyúttal hőmérsékletétől és a reá ható külső nyomástól is függ, ami — különösen gázok esetében — megnehezíti a dózis kiszámítását, mert nem elég a sugárzás erősségét és minéműségét, továbbá a test anyagi minőségét ismerni, hanem a hőmérsékletét és nyomását is tudnunk kell. Ezért BEHNKEN[1] kezdeményezésére indokoltnak látszik a *térfogat helyett tömeget* használni a dózis meghatározásában. BEHNKEN szerint a tömeg-

[1] H. BEHNKEN: Strahlentherapie, 50, 476. o., 1934.

dózis (D^{gr}) jelenti a testnek kicsiny tömegű részében elnyelt sugárzás (ΔE) és a kicsiny tömeg (Δm) hányadosát:

$$D^{gr} = \frac{\Delta E}{\Delta m}.$$

Behelyettesítve ebbe ΔE értékét,

$$D^{gr} = I_0 \bar{\mu} \frac{\Delta v}{\Delta m} t.$$

Azonban

$$\frac{\Delta v}{\Delta m} = \frac{1}{\rho},$$

hol ρ jelenti a test abszolút sűrűségét, tehát

$$D^{gr} = I_0 \frac{\bar{\mu}}{\rho} t.$$

Amint látjuk, a $\bar{\mu}$ helyett $\frac{\mu}{\rho}$ vagyis a tömeg-elnyelési együttható lépett be, mely független a hőmérséklettől és nyomástól. Minthogy az $I_0 \bar{\mu} t$ jelenti az 1 köbcm-nyi térfogatban elnyelt sugárzást és a ρ meg jelenti az 1 köbcm-be eső grammok számát, nyilvánvaló, hogy a *tömeg-dózis jelenti a test 1 gramm tömegű része vagy röviden a tömegegység által elnyelt sugárzást.* Kifejezhető erg/gr egységben. Ezt is lehet az időegységre vonatkoztatni s ekkor

$$D^{gr}_{mp} = \frac{D^{gr}}{t} = I_0 \frac{\bar{\mu}}{\rho}. \qquad (2)$$

Ez utóbbit tömeg-másodperc-dózisnak is nevezhetjük; értékét úgy kapjuk meg, hogy a sugárzás erősségét megszorozzuk a valódi tömegelnyelési együtthatóval; kifejezhető erg/gr.sec egységben.

E dozis-meghatározásokban új mértékegységre nem volt szükség, mert sugárzó-energiát kellett mérnünk s ennek egysége gyanánt meg az erget választottuk.

Az (1) és (2) képlet alapján belátható, hogy

$$D^{gr}_{mp} = \frac{D^{kem}_{mp}}{\rho} \quad \text{és} \quad D^{kem}_{mp} = D^{gr}_{mp} \rho.$$

E képletek alapján könnyen áttérhetünk a térfogati dózisról a tömeg-dózisra és fordítva.

Az orvosi gyakorlatban nem határozzák meg a dózist ilyen módon, hanem az iónozó hatás alapján csupán csak levegőben tájékozódnak az elnyelt sugárzásról, de nem is energia-egységben, hanem bizonyos iónos egységben fejezik ki a mérések eredményét. Az előbbi térfogati másodperc-dózisnak megfelel a következő meghatározás. A másodperc-dózis egysége az a Röntgen-sugármennyiség, amely egy köbcm normális állapotú levegőt átjárva, teljes iónozás és a falhatások kiküszöbölése esetén, benne 1 elektrosztatikai töltésegység/másodperc erősségü telített áramot indít. Ezt nevezik 1 *r*/sec-nak. A tömegegységre vonatkoztatott dózisegységet most úgy kellene meghatározni, hogy 1 gramm vagy 1 milligramm levegőt vennénk alapul és 1 mikroampèret vagy egy milliárdrész ampèret választanánk áramerősségnek. Azonban ekkor az «r» egység is módosulna. Ezért BEHNKEN 1 köbcm 0 C°-ú és 760 mm nyomású levegő tömegét vette alapul, mely 1.29 milligramm, és a másodperc-dózis egységét így határozta meg: a másodperc-dózis egysége az a Röntgen-sugármennyiség, amely 1·29 milligramm levegőben, teljes iónozáskor és a falhatások kiküszöbölésekor, 1 elektrosztatikai töltésegység/másodperc vagyis $3{\cdot}33.10^{-10}$ ampère erősségü telített áramot indít. A levegő hőmérséklete és nyomása most nem szerepel. Ugyanis magasabb hőmérséklet és kisebb nyomás esetében nagyobb térfogatú levegőről van szó, melynek tömege azonban mindig ugyanakkora.

Már most megemlítjük, hogy a dózis energiaegysége (a Röntgen-erg) és iónozási egysége (az «r») között elég széles színképi tartományban a hullámhosszúságtól független összefüggés áll fenn, ugyanis 1 «r» egyenértékü 0·107 Röntgenerggel. Ennek az összefüggésnek nagy előnye, hogy segítségével az energiaegysegben mért adatokat kifejezhetjük iónozási egységben és fordítva is.

Most azzal óhajtunk foglalkozni, hogy az (1) és (2) képlet alapján mi módon lehet megmérni az elnyelt energiát egy testben, főleg pedig *vízben* és *levegőben*, vagyis hogyan lehet meghatározni az időegységre vonatkoztatott dózist különösen e két utóbbi anyagban. Mégpedig azért választjuk e két anyagot, mert a vízben elnyelt energia jó megközelítésben egyenlő az emberi test lágy részeiben elnyelt sugárzással, a levegőben elnyelt

energia pedig arányosnak tekinthető ezzel, egyenlő térfogatokat véve alapul. Az (1) és (2) képlet alapján belátható, hogy előbb meg kell mérnünk a sugárzás erősségét, azután a valódi elnyelési együtthatót. Mindkettőt az ergométerrel mérjük meg. Azonban minthogy az elnyelési együttható lényegesen függ a sugárzás minéműségétől, előbb az *egynemű*, majd az *összetett sugárzás* elnyelésével foglalkozunk. Megjegyezzük, hogy a mérés tetszésszerinti elnyelő anyag esetében elvileg ugyanígy végezhető el.

2. Dózismérés egynemű sugárzás beesésekor.

Vegyük fel, hogy λ hullámhosszúságú egynemű sugárzással van dolgunk. A dózis meghatározása végett mindenekelőtt meg kell mérni a beeső sugárzás erősségét. E célból figyelembe kell vennünk, hogy az ergométer leolvasó műszerén 1 osztályzatnyi kitérésnek megfelel 4·2 erg/mp és a sugárfelfogó kúp alapterülete 1·09 négyzetcentiméter. Tehát, ha a műszer kitérése a, akkor a sugárzás erőssége

$$I_\lambda = \frac{a \cdot 4{\cdot}2}{1{\cdot}09} \text{ erg/cm}^2\text{.sec.} \tag{3}$$

Ezután a valódi elnyelési együtthatót kell megmérnünk. Ez nem könnyű feladat. Ugyanis lemezszerű testek esetében könnyen megmérhetjük a gyengítési együtthatót egynemű sugárzás beesésekor az

$$I = I_\lambda e^{-\mu d}$$

képlet alapján, melyben I jelenti a keresztüljutó sugárzás erősségét, μ a gyengítési együtthatót, d pedig a lemez vastagságát. A gyengítési együtthatóból azonban még ki kell vonni a különféle sugár és elektronszóródás által előálló veszteségeknek megfelelő együtthatókat s csak azután ismerjük a valódi elnyelési együtthatót. A legegyszerűbb eset az, midőn valamilyen nagy rendszámú elemre olyan lágy sugárzás esik, hogy az elem jellemző sugárzása nem lép föl és elektronok sem igen válnak ki belőle. Ekkor csak elnyelt és szétszórt sugárzásról van szó: az előbbi a másfajta energiává átalakult sugárzásrész, az utóbbi

pedig a továbbra is sugárzó energia alakjában maradó rész. A két rész a tömegegységre vonatkoztatva így fejezhető ki:

$$I = I_\lambda \left(\frac{\bar{\mu}}{\varrho} + \frac{\sigma_0}{\varrho} \right) = I_\lambda \frac{\bar{\mu}}{\varrho} + I_\lambda \frac{\sigma_0}{\varrho} .$$

A $\frac{\bar{\mu}}{\varrho}$ a valódi elnyelési együttható, a $\frac{\sigma_0}{\varrho}$ pedig a szórási együttható a tömegegységre vonatkoztatva. Tehát $I_\lambda \frac{\bar{\mu}}{\varrho}$ jelenti a tömegegységben maradó vagyis az elnyelt energiát, az $I_\lambda \frac{\sigma_0}{\varrho}$ pedig az általa szétszórt sugárzás energiáját.

A klasszikus felfogás értelmében a szórási együttható $\left(\frac{\sigma_0}{\varrho} \right)$ független a hullámhosszúságtól és az elmélet szerint, melyet a tapasztalat is megerősít egyes esetekben,

$$\frac{\sigma_0}{\varrho} = 0{\cdot}4 \frac{Z}{A},$$

hol Z a szétszóró elem rendszáma, A pedig atomsúlya. Minthogy közelítőleg — a hidrogén kivételével — a $\frac{Z}{A} \sim \frac{1}{2}$,

$$\frac{\sigma_0}{\varrho} \sim 0{\cdot}2.$$

Vegyület esetében

$$\frac{\sigma_0}{\varrho} = 0{\cdot}4 \frac{\Sigma Z}{\Sigma A} = 0{\cdot}4 \frac{\Sigma Z}{M},$$

ahol az összegezés a molekulában lévő összes atómokra kiterjesztendő és M a molekulasúlyt jelenti.

Víz esetében

$$\frac{\Sigma Z}{\Sigma A} = \frac{2+8}{2{\cdot}016+16} = \frac{10}{18{\cdot}016}$$

s így

$$\frac{\sigma_0}{\varrho} = 0{\cdot}222.$$

A levegőnek mind az oxigén, mind a nitrogén alkotórészére vonatkozólag $\frac{Z}{A} \sim \frac{1}{2}$, ugyanis a nitrogénre 7/14·008, az oxigénre 8/16. Így tehát $\frac{\sigma_0}{\varrho} \sim 0{\cdot}2$

Azonban a sugárszórási együttható nem állandó, hanem a COMPTON-féle jelenseg következtében a hullámhosszúságtól függ. Mégpedig különösen kisebb rendszámú elemek (H, C, N, O,...) vagy ezeknek vegyületei körében a COMPTON-féle képlet szerint:

$$\frac{\sigma_s}{\varrho} = \frac{\sigma_0}{\varrho} \cdot \frac{1+\alpha}{(1+2\alpha)^2}, \tag{4}$$

ahol

$$\alpha = \frac{h}{mc} \cdot \frac{1}{\lambda} = 0{\cdot}0242 \frac{1}{\lambda}.$$

E képletben $h = 6{\cdot}54.10^{-27}$ erg.sec, m az elektron tömege, c pedig a fény terjedési sebessége, λ a beeső fény hullámhossza.

Az elektronoknak átadott energia felől (lökési elektronok) tájékoztat az elektronszórási együttható:

$$\frac{\sigma_e}{\varrho} = \frac{\sigma_0}{\varrho} \frac{\alpha}{(1+2\alpha)^2}.$$

Látható, hogy

$$\frac{\sigma}{\varrho} = \frac{\sigma_s}{\varrho} + \frac{\sigma_e}{\varrho} = \frac{\sigma_0}{\varrho} \frac{1}{1+2\alpha}.$$

Ha $\lambda \gg \frac{h}{mc}$, vagy $m \gg \frac{h}{c\lambda}$, akkor $\alpha \sim 0$ és

$$\frac{\sigma_s}{\varrho} = \frac{\sigma_0}{\varrho} = \frac{\sigma}{\varrho}.$$

A $\frac{\sigma}{\varrho}$ együtthatóra még más, az említettnél bonyolultabb kifejezéseket is vezettek le. Így a BOTHE-féle képlet a következő:

$$\frac{\sigma}{\varrho} = \frac{\sigma_0}{\varrho} \cdot \frac{1}{1 + \frac{3}{2}\alpha + \frac{2}{3}\alpha^2}.$$

A BOTHE-féle képlet még valamivel jobban megegyezik a tapasztalattal, mint COMPTONÉ.

A hullámmechanika alapján KLEIN és NISHINA a következő képletet vezették le:

$$\frac{\sigma}{\varrho} = \frac{\sigma_0}{\varrho} \left\{ \frac{3}{4} \frac{1+\alpha}{\alpha^3} \left[\frac{2\alpha(1+\alpha)}{1+2\alpha} - \log(1+2\alpha) \right] - \right.$$
$$\left. - \frac{3}{4} \frac{1}{2\alpha} \left[\frac{2\alpha(1+3\alpha)}{(1+2\alpha)^2} - \log(1+2\alpha) \right] \right\}.$$

Ez a képlet különösen nagyon rövid hullámok esetében fejezi ki a szórási együtthatót a tapasztalattal megegyező módon. A mi céljainknak jól megfelel a COMPTON-féle képlet.

Tehát ha a sugárszórási veszteséget is figyelembe akarjuk venni, akkor a tömeggyengítési együtthatóból ki kell vonni a sugárszórási együtthatót és ezzel kell számolni a $\frac{\mu}{\varrho}$ helyett. Vagyis a tömegegységben maradó sugárenergia a szóráson fölül

$$I_\lambda \left(\frac{\mu}{\varrho} - \frac{\sigma_\kappa}{\varrho} \right). \qquad (5)$$

Abban a kedvező esetben, midőn a szóráshoz képest a többi veszteségek elhanyagolhatók, ez a képlet fejezi ki a tömegegységben benne maradó energiát, amely más, pl. hőenergiává alakul át.

Az 1. táblázatban az aluminium, továbbá a víz és levegő tömeggyengítési és szórási együtthatóit állítottuk össze, részint a tapasztalat (*Al*), részint pedig a COMPTON-féle képlet felhasználásával.[1] Kiszámítottuk a gyengítési és sugárszórási együtthatók különbségét is, melynek az (5) képletben fontos szerepe van.

1. táblázat.

λ (Å)	Al			Víz			Levegő			$\left(\frac{\mu}{\varrho} - \frac{\sigma_s}{\varrho}\right)_v$
	$\frac{\mu}{\varrho}$	$\frac{\sigma_s}{\varrho}$	$\frac{\mu}{\varrho} - \frac{\sigma_s}{\varrho}$	$\frac{\mu}{\varrho}$	$\frac{\sigma_s}{\varrho}$	$\frac{\mu}{\varrho} - \frac{\sigma_s}{\varrho}$	$\frac{\mu}{\varrho}$	$\frac{\sigma_s}{\varrho}$	$\frac{\mu}{\varrho} - \frac{\sigma_s}{\varrho}$	$\left(\frac{\mu}{\varrho} - \frac{\sigma_s}{\varrho}\right)_l$
0·10	0·151	0·121	0·030	0·159	0·125	0·034	0·144	0·113	0·031	1·10
0·15	0·207	0·135	0·072	0·180	0·147	0·033	0·164	0·123	0·032	1·03
0·20	0·263	0·139	0·124	0·204	0·161	0·043	0·190	0·146	0·044	0·98
0·25	0·375	0·148	0·227	0·233	0·170	0·063	0·224	0·154	0·070	0·90
0·30	0·537	0·156	0·381	0·263	0·179	0·084	0·259	0·161	0·098	0·86
0·40	—	—	—	0·345	0·187	0·158	0·345	0·169	0·176	0·90
0·50	—	—	—	0·490	0·193	0·297	0·490	0·174	0·316	0·94
0·60	—	—	—	0·740	0·197	0·543	0·740	0·178	0·572	0·95
0·70	—	—	—	1·100	0·201	0·899	1·100	0·181	0·919	0·98
0·80	—	—	—	1·500	0·203	1·297	1·500	0·183	1·317	0·99

[1] H. BEHNKEN: l. c.

A szóráson felül azonban rendesen még más veszteségek is lépnek föl. Ugyanis a beeső sugárzásnak egy része közvetlenül elektronenergiává alakul át: elektronok helyzeti és mozgási energiájává. De ne gondoljuk, hogy ez az energia egészen a test belsejében marad. Ugyanis egy része visszaalakul sugárzó energiává s mint a szóbanforgó test jellemző sugárzása elhagyja a testet. Sőt egyes nagy sebességű elektronok is kirepülnek a testből s mozgási energia alakjában magukkal viszik a beeső sugárzóenergia egy részét: ezek a fotoelektronok (első fajúak). Ezenfelül még az is előfordulhat, hogy a jellemző sugárzás útközben a test belsejében egy-egy elektronra rakódik rá és kiröpíti a testből (másodfajú fotoelektronok).

Ha a test belsejében valóban bennmaradó energiát akarjuk meghatározni, akkor a jellemző sugárzási és az elektronkibocsátási veszteséget is számba kell venni: vagyis a $\frac{\mu}{\varrho}$ együtthatóból még két együtthatót ki kell vonni. A jellemző sugárzási együtthatót $\frac{k_s}{\varrho}$-val jelöljük a tömegegységre vonatkoztatva. Értékét SADLER mérései alapján GLOCKER[1] a következő képletben fejezte ki a Cr és Cu közé eső elemekre:

$$\frac{k_s}{\varrho} = 33\, Z \left(\frac{\lambda}{\lambda_a}\right)^4,$$

hol Z az elem rendszama, λ_a a K elnyelési határ hullámhossza. Ha λ ennél nagyobb, a képlet elveszti érvényét. Következtetni lehet a képlet alapján, hogy egy nagy rendszámú elem a K sorozatának rövidhullámú oldalán erőteljes jellemző sugárzást bocsát ki. Viszont ha kis rendszámú elemekre érvényesnek vesszük a képletet, kemény sugárzás beesésekor az együttható kicsiny lesz, mert a λ_a nagy.

A fotoelektronokra vonatkozó együttható felől már nem vagyunk ennyire tájékozódva. Csak annyit mondhatunk, hogy változatlan sugárzás beesésekor a kilövellt fotoelektronok száma általában csökken az elem rendszámával együtt — kivéve azt az esetet, ha a beeső sugárzás hullámhossza az elnyelő elem

[1] R. GLOCKER: Phys. Zeitschr. **17**, 488, o., 1916. Újabb eredmények: M. HAAS, Ann. d. Phys. 5 sor., **16**. k., 473. o., 1933.

jellemző sugárzásával egyezik meg: ilyenkor hirtelen felszökik az elektronkiadás. Függ még a sugárbeesés irányától, felületi tulajdonságoktól, úgyhogy a $\frac{k_\alpha}{\varrho}$ együttható számszerű értékére nincsenek is irodalmi adatok. Azonban levezethető olyan képlet, amely kifejezi egy vastagabb fémlemez által a sugárbeesés felőli féltérbe kirepülő elektronok számát (N).[1] Ugyanis

$$N = \frac{I_\lambda f}{4h\nu} \cdot \frac{\mu_1}{\mu_2} \cdot \frac{1}{\cos\varphi},$$

hol I_λ a sugárzás erőssége, f a felület nagysága, ν a beeső sugárzás rezgésszáma, μ_1 a RÖNTGEN-sugár gyengítési együtthatója a fémben, μ_2 az elektronoké, φ a beesési szög; merőleges beeséskor $\cos\varphi = 1$. Ha most azt a kedvező esetet vesszük, — ami sohasem fordul elő — hogy mind az N elektron $h\nu$ energiával repül ki, akkor merőleges sugárbeeséskor a beeső sugárzásból elektronenergia alakjában a féltérbe jut

$$Nh\nu = \frac{I_\lambda f}{4} \frac{\mu_1}{\mu_2}.$$

Döntő a $\frac{\mu_1}{\mu_2}$ hányados. Példaképen megemlítjük, hogy a réz $K_\alpha$sugárzását (1·537Å) ejtve vaslemezre, $\mu_1 = 2000$ és $\mu_2 = 150{,}000$. A $\frac{\mu_1}{\mu_2}$ hányados tehát rendkívül kicsiny, vagyis a kirepülő elektronok energiája elhanyagolható. De nem így áll a dolog, ha kemény sugárzás esik be, melynek hullámhossza például az előbbinek tizedrésze körül van, vagyis 0·15 Å. A mérések általában arra vonatkoznak, hogy a beeső sugárzásnak mekkora része alakul át a sugárelnyelés közben elektronenergiává, de a kijutó fotoelektronok energiáját külön nem határozzák meg.

Mindebből az a tanulság is levonható, hogy a beeső sugárzás erősségének mérésekor teljes sugárelnyelésre kell törekedni, mert máskülönben szinte lehetetlen számbavenni a különféle veszteségeket, különösen összetett sugárzás esetében.

Figyelembe véve már most a szóródást, a jellemző sugárzást

[1] W. ESPE: Ann. d. Phys. 5. sor, 2. k., 381 o., 1929.

és az elektronkibocsátást, a tömegegységben benne maradó sugárzóenergia

$$I_\lambda \left(\frac{\mu}{\varrho} - \frac{\sigma_s}{\varrho} - \frac{k_s}{\varrho} - \frac{k_e}{\varrho} \right) = I_\lambda \frac{\mu}{\varrho} \left(1 - \frac{\sigma_s + k_s + k_e}{\mu} \right).$$

Minthogy a $\frac{k_s}{\varrho}$ és $\frac{k_e}{\varrho}$ a legtöbb esetben nem ismeretes, többnyire csak az

$$I_\lambda \frac{\mu}{\varrho} \left(1 - \frac{\sigma_s}{\mu} \right) \tag{5a}$$

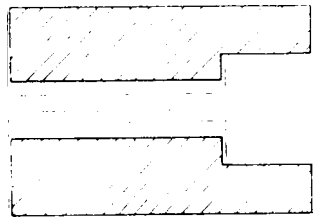
energiamennyiséget számítjuk ki a sugárgyengülésből. Ez a szóráson fölüli sugárgyengülés vagy röviden sugárveszteség. Ezt lehet a mérések alapján meghatározni. Értékét megegyezőnek tekinthetjük a test által valóban elnyelt energiával, ha a k_s és k_e együttható elhanyagolható a σ_s mellett.

Ha gázról van szó: például egy nagy iónos kamra belsejében lévő kis térfogatú levegőtömegről, akkor az (5*a*) képlet által kifejezett energia jelenti az időegység alatt iónozásra fordított teljes energiamennyiséget (föltéve, hogy csak iónozásra használódik az elnyelt energia). Ugyanis a kirepülő fotoelektronok tovább iónizálnak, a jellemző sugárzásnak nagy része szintén elnyelődik és iónizál; a szétszórt rész újabb elnyelésétől pedig eltekinthetünk.

Az ismertetett alapelvek szerint bármilyen testben megmérhetjük a dózist egynemű sugárzás beesésekor. Azonban orvosi szempontból különösen érdekel bennünket — mint már említettük — a víz- és a levegó-dózis. Mindkét közeg tömegegységére vonatkozólag ismertetjük a dózis megmérését. E tömegdózisból a sűrűséggel való szorzás útján megkapjuk a térfogatdózist, adott sűrűségi viszonyok között.

Foglalkozzunk először *a víz-dózis* megmérésével. Az ergométerrel mindenekelőtt megmérjük a sugárzás erősségét a (3) képlet alapján. Ezután még ismernünk kell a sugárzás hullámhosszát vagy — ami ezzel egyenértékű — a $\frac{\mu}{\varrho}$ és $\frac{\sigma_s}{\varrho}$ értékét. E célból tetszés szerinti vastag vízréteget vagy fémet: rezet, cinket, teszünk a sugárzás útjába és megmérjük a rajta áthaladó

sugárzás erősségét. A számítás egyszerűsítése végett 4·6 cm vastag vízréteget vettem (2. kép). A desztillált vizet paraffinhengerbe öntöttem, melynek két végét 0·01 mm vastag aluminiumhártyával zártam el. Legyen a keresztüljutó sugárzás erőssége I, akkor, minthogy egynemű sugárzásról van szó,



2. kép.

$$\mu = \frac{1}{d} \log \frac{I_\lambda}{I}.$$

A víz sűrűségével való osztás után megkapjuk a $\frac{\mu}{\varrho}$-t. Megjegyzendő, hogy a víz sűrűsége 20 C° közelében alig változik a hőmérséklettel. Az 1. táblázatban kikereshetjük a mért $\frac{\mu}{\varrho}$-nak megfelelő $\left(\frac{\mu}{\varrho} - \frac{\sigma_s}{\varrho}\right)$ és hullámhosszúság értékét is.

Amint látjuk, az I_λ-t és I-t ismerve ki tudjuk számítani a tömegdózisteljesítményt vízben a (2) képlet alapján erg/gr. sec egységben. (Megjegyzendő, hogy 4 C° víz esetében a tömeg- és térfogatdózis számértéke egyenlő, mert a sűrűség (ϱ) számértéke 1-nek vehető.) Ebből 60-nal való szorzás után megkapjuk a tömegdózist 1 perc alatt (perc-dózis). A képlet a következő:

$$\frac{\alpha . 4 \cdot 2 . \left(\frac{\mu}{\varrho} - \frac{\sigma_s}{\varrho}\right)_{\text{víz}} . 60}{1 \cdot 09} \text{ erg gr. perc.} \qquad (6)$$

Hogy kisebb számok szerepeljenek, bevezetjük a Röntgen-hektoerget: 1 Röntgen-hektoerg = 100 Röntgen-erg.

Az előbbi dózisképlet Röntgen-hektoergben kifejezve a következő:

$$\frac{\alpha . 4 \cdot 2 \cdot \left(\frac{\mu}{\varrho} - \frac{\sigma_s}{\varrho}\right)_{\text{víz}} . 60}{1 \cdot 09 . 100} \text{ hektoerg gr. perc.} \qquad (6\alpha)$$

Az I_λ és I ismerete azonban nem jelent mást, mint két kitérés leolvasását: az I_λ-nak megfelel a kitérés vízszűrő nélkül, az I-nek pedig vízszűrővel. Hogy ne kelljen minduntalan a számí-

tásokat elvégezni, táblázatot szerkesztettünk 4·6 cm vastag 20 C°-ú vízszűrőre (2. táblázat); ennek felső vízszintes sorába írtuk az l_4-nak, az első függőleges oszlopába pedig az l-nek megfelelő kitéréseket. Bármelyik két számhoz azonnal megtaláljuk a tömegdózis-teljesítmény értékét vízben Röntgen-hektoerg/gramm. percben kifejezve.

2. táblázat.[1]

Víz-dózisok.

	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105
40	8·0	8·3	8·6	8·9	9·3	9·6	9·9	10·3	10·7	11·1	11·4
41	7·5	7·8	8·1	8·4	8·7	9·0	9·4	9·7	10·0	10·4	10·7
42	7·4	7·6	7·8	8·0	8·2	8·5	8·8	9·1	9·4	9·8	10·1
43	7·4	7·5	7·6	7·7	7·8	8·0	8·3	8·6	8·9	9·2	9·5
44	7·4	7·5	7·6	7·6	7·7	7·8	8·0	8·3	8·5	8·7	9·0
45	7·4	7·4	7·5	7·6	7·7	7·7	7·9	8·0	8·1	8·2	8·4
46	—	7·5	7·5	7·6	7·7	7·7	7·8	7·9	8·1	8·2	8·3
47	—	—	—	7·7	7·7	7·8	7·8	7·9	8·0	8·1	8·2
48	—	—	—	—	—	7·8	7·8	7·9	7·9	8·0	8·1
49	—	—	—	—	—	—	—	8·0	8·0	8·1	8·1
50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8·1	8·2

Ha a vízszűrő hőmérséklete nem pontosan 20 C°, hanem néhány fokkal több vagy kevesebb, ez a körülmény lényegtelen változást okozna a táblázatban, mert a 18 fokos víz abszolút sűrűségének számértéke 0.99862, a 20 fokosé 0.99843, a 25 fokosé 0.99707, ha a 4 C°-os víz abszolút sűrűségének számértékét 1-nek vesszük. Tehát ugyanazt a vizszűrőt és táblázatot nyugodtan használhatjuk a 20 C° közelébe eső hőmérsékleteken is. Egyébként a szűrő vastagságának csekély változására is lehetne gondolni, ami a sűrűségváltozást bizonyos fokig kiegyenlíti.

Egyszerű szabályunk van a víz-dózis megállapítására, ha a

[1] Ez csak egy nagyobb táblázatnak a része.

hullámhosszúság 0·1 és 0·15 Å közé esik. (Ez a hullámtartomány igen fontos a belső gyógykezelésben.) Ekkor ugyanis

$$\left(\frac{\mu}{\varrho} \quad \frac{\sigma_s}{\varrho}\right)_{\text{víz}} \sim 0{\cdot}0335$$

és így a (6a) alapján

$$\frac{4{\cdot}2.0{\cdot}0335.60}{1{\cdot}09.100} \sim 0{\cdot}0774 \sim \frac{8}{100}.$$

Tehát a beeső sugárzás erősségéből úgy kapjuk meg a tömegegységre vonatkoztatott perc-dózist hektoergben, hogy az a kitérésnek 8/100 részét vesszük. Ezt a szabályt a táblázat alsó számai igazolják is. Fontos, hogy ez esetben csak egyetlen leolvasást kell végeznünk és már is ismerjük nemcsak a sugárzás erősségét, hanem a dózist is.

Egy másik táblázatból azonnal kiolvashatjuk a hullámhosszúság értékét is, mely az észlelt kitérésekhez tartozik. Sőt egy harmadik táblázatban a sugárfelező vízréteg vastagságát vagy a felező rézréteg vastagságát is megtalálhatjuk, mely fontos a gyógykezeléskor, a mélységi dózis és a szórt-sugárzási dózistöbblet megállapítása végett.

Érdekes megjegyezni, hogy a $\left(\frac{\mu}{\varrho} - \frac{\sigma_s}{\varrho}\right)$ együttható értéke — miközben a 0·1 Å-től felfelé haladunk — előbb kissé csökken, majd növekszik. Természetesen ugyanígy viselkedik a víz-dózis is, ami a 2. táblázatban látható. Ennek a sajátszerű körülménynek az az oka, hogy a $\frac{\sigma_e}{\varrho} = \frac{\sigma}{\varrho} - \frac{\sigma_s}{\varrho}$ hányadosnak a 0·05 Å körül maximuma van.[1]

Hátra van a *levegő-dózis* megállapítása. Az I_λ megmérése után a beeső egynemű sugárzás hullámhosszát, illetőleg a vele egyenlő értékű gyengítési és szórási együtthatót az előbbi módon mérhetjük meg bármilyen szűrővel. Ezeknek a segítségével az (5) képlet alapján kiszámíthatjuk az 1 gramm levegőben fellépő dózist, vagyis a tömeg-dózist 1 mp-re vonatkozólag Röntgenergben vagy hektoergben. Érdekes dolog, hogy e dózis számértéke, tehát a készíthető táblázat adatai is eléggé megegyeznek a víz-dózis értékeivel, mert a víz és levegő tömegegységére

[1] Részletesebben l. W. Rump: Z. f. Phys. **43.** k., 289. o., 1927.

vonatkoztatott valódi elnyelési együtthatók nem nagyon különböznek egymástól. (Lásd az 1. táblázatot.) Egyébként az 1. táblázatból következik, hogy kb. 0·2 Å alatt a víz-dózis valamivel nagyobb, mint a levegő-dózis, viszont 0·2 és 0·7 Å között meg valamivel kisebb; legnagyobb az eltérés 0·3 és 0·4 Å között; 0·7 Å-ön felül a kétféle dózis jól megegyezik.

Ha a levegőben érvényes tömegdózist megszorozzuk a normális állapotú levegő sűrűségével, akkor megkapjuk az 1 köbcentiméternyi normális állapotú levegőben érvényes dózist, de természetesen erg/cm^3 egységben.

Azonban ismeretes, hogy a levegő-dózist r egységben szokás kifejezni, a dózisteljesítményt pedig r/sec vagy $r/perc$-ben 1 kcm normális állapotú vagy 1·29 mg tetszésszerinti állapotú levegőre vonatkozólag. Fontos dolog, hogy mi módon lehet az *erg*ben kifejezett levegő-dózisból az r-ben kifejezettet kiszámítani. Hogy erre egyáltalában gondolhatunk, az abban leli magyarázatát, hogy az újabb mérések szerint ugyanakkora iónozáshoz ugyanakkora sugárenergia szükséges a hullámhosszúságtól függetlenül.

Gondoljuk az 1·29 milligramm levegőt 1 négyzetcm keresztmetszetű oszlopnak, melynek alapjára merőlegesen esik az I_λ erősségű sugárzás. Ekkor a szórási veszteségen felül a sugárveszteség 1 mp alatt

$$I_\lambda \left(\frac{\mu}{\varrho} - \frac{\sigma_s}{\varrho} \right) \varrho.$$

A zárójelen kívül vesszük a 0 C°-ú és 760 mm nyomású levegő abszolut sűrűségét; ennek számértéke 0·0012928 = 1/773. Ez a képlet 1·29 mg tetszésszerinti vagy 1 kcm normális állapotú levegőben ergben kifejezve adja meg a sugárveszteséget, melyet közönségesen elnyelt résznek is neveznek, pedig ebben benne van a kcm levegőből kirepülő elektronok energiája is, mely elektronok a környező levegőt iónozzák; sőt a jellemző sugárzás is, bár ez jelentéktelen.

Az átszámítás végett azt kellene tudnunk, hogy ennek az energiának mekkora elektromos töltés kiválasztása felel meg. Ezt kiszámíthatjuk KULENKAMPFF, RUMP, GAERTNER[1] és EISL[2] mé-

[1] Az irodalmat l. CSÁSZÁR E.: Mat. és Termt. Ért. LII. k., 1. o., 1934.
[2] A. EISL: Ann. d. Phys. 5. sor., 3. k., 277., 1929.

rései alapján. Eisl megállapította, hogy a levegőben egy iónpár termelésére (egy elektron kiszabadítására az atómkötelékből) középértékben $32{\cdot}5 \pm 0{\cdot}5$ elektron-volt $= 5{\cdot}12.10^{-11}$ erg szükséges. (Akkor szükséges ennyi, ha a sugárzás által átjárt levegőtérfogat egy nagyobb levegőtömegben, nagy kamrában van.) Tehát 1 ergnyi sugárzó energia elnyelésekor keletkezik

$$\frac{1}{5{\cdot}12.10^{-11}}$$

iónpár vagy másszóval ennyi elektron válik ki. Hány elektrosztatikai egység ez? Minthogy egy elektron töltése $4{\cdot}77.10^{-10}$ elektrosztatikai cgs egység, 1 erg energiájú sugármennyiség elnyelésekor kiváló elektrosztatikai egységek száma

$$\frac{4{\cdot}77.10^{-10}}{5{\cdot}12.10^{-11}} = \frac{47{\cdot}7}{5{\cdot}12} = 9{\cdot}316.$$

Ha az 1 ergnyi sugárzó energia 1 kcm (1·29 mgr) normális állapotú levegőben marad benne, akkor azt mondjuk, hogy a sugáradag 9·316 r egység. Tehát

$$1 \text{ erg} \sim 9{\cdot}316\ r. \tag{7}$$

Viszont 1 r-nek megfelelő sugárenergia értékét is könnyen megmondhatjuk. Ugyanis

$$1\ r \sim \frac{1}{9{\cdot}316} \text{ erg} = 0{\cdot}107 \text{ erg}. \tag{7a}$$

Ha a sugáradag 1 r, akkor 1·29 mgr $= 1/773$ gramm levegőben elnyelt energia 0·107 erg; 1 grammban pedig $0{\cdot}107.773 = 82{\cdot}711 \sim 83$ erg.

Ilyen módon könnyen kiszámíthatjuk az *erg*-ben mért elnyelt sugárenergiát r egységben és viszont. Minthogy a számításban a sugárzás erőssége szerepel, mely 1 mp-re vonatkozik, azért rendszerint az 1 mp alatt elnyelt erg-ek számát kapjuk meg, vagyis eredményünk erg/sec egységben fejezi ki az elnyelt energiát. Ebből 60-al való szorzás után erg/percben kapjuk meg az eredményt. Ezekből könnyen kiszámíthatjuk az r/sec vagy r/perc értékét is.

A számítás erg/secben a következő módon végezhető: Legyen az észlelt kitérés a, akkor a (3) képlet szerint

$$I_\lambda = \frac{a.4{\cdot}2}{1{\cdot}09} \text{ erg/cm}^2.\text{sec}$$

és az 1·29 mgr levegő (1 kcm normális levegő) által elnyelt energia ergben 1 perc alatt

$$\frac{a.4{\cdot}2.\left(\frac{\mu}{\varrho} - \frac{\sigma_s}{\varrho}\right)_{\text{lev}}.60}{1{\cdot}09.773}.$$

A dózis r/percben kifejezve

$$\frac{a.4{\cdot}2.\left(\frac{\mu}{\varrho} - \frac{\sigma_s}{\varrho}\right)_{\text{lev}}.60}{1{\cdot}09.773.0{\cdot}107}. \tag{8}$$

Hogy a számításokat ne kelljen minden méréskor elvégezni, ezért a 2. táblázathoz hasonló táblázatot készítettünk.

3. táblázat.

Levegő-dózisok.

	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105
40	9·5	9·9	10·3	10·8	11·2	11·6	12·2	12·8	13·4	14·0	14·5
41	8·9	9·3	9·7	10·1	10·5	10·9	11·4	11·9	12·3	12·8	13·3
42	8·6	8·9	9·2	9·5	9·8	10·1	10·4	10·0	11·4	11·8	12·2
43	8·4	8·6	8·8	8·9	9·1	9·3	9·7	10·1	10·5	11·0	11·4
44	8·3	8·4	8·6	8·8	8·9	9·1	9·4	9·7	10·0	10·4	10·7
45	8·2	8·3	8·5	8·6	8·8	8·9	9·1	9·3	9·5	9·7	9·9
46	—	8·3	8·4	8·6	8·8	8·9	9·0	9·2	9·3	9·4	9·6
47	—	—	—	8·5	8·6	8·7	8·8	8·9	9·1	9·2	9·4
48	—	—	—	—	—	8·6	8·7	8·8	9·0	9·1	9·2
49	—	—	—	—	—	—	—	8·8	8·9	9·1	9·2
50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	9·0	9·1

A felső sorban lévő számok jelentik a sugárerősségnek megfelelő műszerkitéréseket vízszűrő nélkül, a baloldali első oszlopban állók pedig 4·6 cm vastag vízszűrővel. Bármelyik két kitérésnek megfelelő sugáradag r/perc egységben a táblázatban található. A vízszűrő hőmérséklete most is 20 C°.

Minthogy a 0·1 — 0·15 Å-ig terjedő tartományban

$$\frac{\mu}{\varrho} - \frac{\sigma_s}{\varrho} \sim 0{\cdot}0315,$$

e tartományban a dózist a sugárzás beejtésekor észlelt a kitérésből is kiszámíthatjuk (vizszűrő nélkü). Ugyanis a (8) alapján

$$\frac{4{\cdot}2.0{\cdot}0315.60}{1{\cdot}09.773.0{\cdot}107} = 0{\cdot}0880 \sim \frac{9}{100}.$$

Tehát ha az a kitérést $^9/_{100}$-dal megszorozzuk, megkapjuk a dózist r/percben, de csak a megjelölt színképi tartományban. Elég jó eredményeket kapunk még 0·2 Å-ig is.

3. Dózismérés összetett sugárzás beesésekor.

Az eddigi eredmények egynemű sugárzásra vonatkoznak. Azonban a Röntgen-lámpák általában nem egynemű, hanem összetett sugárzást bocsátanak ki magukból és az orvosi gyógykezelésben használt szűrt sugárzás is tulajdonképen összetett sugárzás. Nézzük, miképen tudjuk megmérni ebben az általánosabb esetben is a sugárzás erősségét és az elnyelt sugárzást: a dózist.

A sugárzás erősségét ugyanúgy mérjük meg, mint az előbb. Csak arra kell ügyelni, hogy a színkép rövidhullámú határa ne legyen keményebb a sugárfelfogó által még teljesen elnyelt sugárzásnál. Ez a mi készülékünk esetében 0·07 A.

Már nem ilyen egyszerű a dózis megmérése összetett sugárzás esetében. Ugyanis e végett szükségünk van a sugárzás közepes keménységére, közepes hullámhosszúságára, hogy a szétszórt részt leszámíthassuk, illetőleg a sugárgyengítési együtthatóból a szórási együtthatót ki tudjuk vonni. Ez az együttható a hullámhosszúságtól függ. Minthogy az összetett sugárzásban tulajdonképen nagyon sokféle hullámhosszúság fordul elő, számításunk-

ban csakis a közepes hullámhosszra támaszkodhatunk. Mit értünk ezalatt?

Legegyszerűbb meghatározása a következő. Gondoljunk valamilyen d vastagságú szűrőre, például vízrétegre vagy rézlemezre, melyre tetszésszerinti összetett sugárzás esik. *Ennek közepes hullámhossza a megnevezett szűrőre vonatkozólag annak az egynemű sugárzásnak a hullámhossza, amelyet az illető szűrő éppen olyan mértékben gyengít, mint a beeső összetett sugárzást.*

Ezt a meghatározást még matematikai alakba is önthetjük. E végett osszuk fel az összetett sugárzást keskeny hullámszakaszokra, melyekbe eső sugárerősségek a következők:

$$I_{\lambda_1} d\lambda_1,\ I_{\lambda_2} d\lambda_2, \ldots,\ I_{\lambda_n} d\lambda_n, \ldots;$$

és az összetett sugárzás erőssége

$$\sum_{n=1}^{\infty} I_{\lambda_n} d\lambda_n;$$

vagy ha a hullámszakaszok infinitezimálisak:

$$I_0 = \int_{\lambda_{\min}}^{\infty} I_\lambda d\lambda. \tag{9}$$

A megfelelő gyengítési együtthatók legyenek:

$$\mu_{\lambda_1},\ \mu_{\lambda_2}, \ldots,\ \mu_{\lambda_n}, \ldots .$$

Ekkor a beeső összetett sugárzásból a szűrő által keresztülengedett rész

$$\sum_{n=1}^{\infty} e^{-\mu_{\lambda n} d} I_{\lambda_n} d\lambda_n;$$

vagy ha a hullámszakaszok infinitezimálisak:

$$I = \int_{\lambda_{\min}}^{\infty} e^{-\mu_\lambda d} I_\lambda d\lambda. \tag{10}$$

A beeső összetett sugárzással egyenlő erősségű egynemű sugárzás erőssége legyen $I_0^{(\lambda k)}$, melyre tehát fennáll

$$I_0^{(\lambda k)} = I_0. \tag{11}$$

A belőle átengedett rész

$$e^{-\mu_k d} I_0^{(\lambda k)} = e^{-\mu_k d} \int_{\lambda_{min}}^{\infty} I_\lambda d\lambda. \tag{12}$$

A közepes hullámhosszúságnak megfelelő μ_k-ra a (10) és (12) alapján fenn kell állni, hogy

$$\int_{\lambda_{min}}^{\infty} e^{-\mu_\lambda d} I_\lambda d\lambda = e^{-\mu_k d} I_0^{(\lambda k)} = e^{-\mu_k d} \int_{\lambda_{min}}^{\infty} I_\lambda d\lambda. \tag{13}$$

Ez az egyenlet az előbbi közepes hullámhosszúsági meghatározást matematikai alakban fejezi ki.

Azonban módunkban áll ugyanezt a közepes hullámhosszúságot az integrálszámítás első középértéktétele alapján is meghatározni. E tétel szerint

$$\int_a^b f(x)\varphi(x)dx = f(x_k) \int_a^b \varphi(x)dx, \tag{14}$$

ha $f(x)$ az ab szakaszban folytonos és $\varphi(x)$ jelét nem változtatja; az x_k közbenső hely az ab szakaszban. Ezt a tételt alkalmazzuk a (13) egyenlet baloldalán álló integrálra, melyben

$$f(x) = e^{-\mu_\lambda d} \quad \text{és} \quad \varphi(x) = I_\lambda.$$

A szereplő függvények a felső határ végtelen nagy értékénél is regulárisan viselkednek. Amint látjuk, eredményül a (13) egyenlet jobboldalán álló mennyiséget kapjuk. Tehát a (13) egyenlet baloldalára alkalmazva az integrálszámítás első középértéktételét, a közepes hullámhosszúságra ugyanazt a meghatározó egyenletet kapjuk, mint az előbbi elemi meghatározás alapján. Másszóval *valamely összetett Röntgen-sugárzás közepes hullámhossza alatt azt a hullámhosszúságot értjük, amelyhez tartozó gyengítési együtthatót, a sugárgyengítés törvényének felhasználásával, az integrálszámítás első középértektétele határozza meg.*

A (13) egyenletből

$$e^{-\mu_k d} = \frac{\int_{\lambda_{min}}^{\infty} e^{-\mu_\lambda d} I_\lambda d\lambda}{\int_{\lambda_{min}}^{\infty} I_\lambda d\lambda}. \tag{15}$$

Ebből

$$\mu_k = \frac{1}{d} \log \frac{\int_{\lambda_{min}}^{\infty} I_\lambda d\lambda}{\int_{\lambda_{min}}^{\infty} e^{-\mu_\lambda d} I_\lambda d\lambda}. \qquad (15a)$$

A jobboldali tört számlálójában áll a beeső összetett sugárzás erőssége, a nevezőjében pedig a szűrőn keresztüljutó sugárzásé. Mindkettőt meg tudjuk mérni. A mérés eredményéből kiszámíthatjuk μ_k-t s egyúttal $\frac{\mu_k}{\varrho}$-t és egy táblázatból kikereshetjük a megfelelő λ_k-t.

Minthogy az egyenlet jobboldalán a μ_λ az anyagi minőségtől függ, természetesen a μ_k és a λ_k is az anyagi minőségtől függő mennyiség. Sőt általában függnek még a szűrő vastagságától is, mert a vastagabb szűrő az összetett sugárzásnak mindinkább csak a keményebb alkatrészeit engedi át, s így a közepes hullámhosszúság általában csökken a szűrő vastagodásával. Két szélső esetet szokás megkülönböztetni: a szűrőréteg nagyon vastag vagy nagyon vékony. Minket főleg az utóbbi érdekel, mert a dózist igen vékony elnyelő lemezre értelmeztük. Ebben az esetben fejtsük sorba a (15) egyenlet exponenciális tagjait és tegyük föl, hogy az elsőnél magasabbrendű tagok λ-nak bármilyen nagy értéke esetében elhanyagolhatók. Ekkor a (15) egyenlet így alakul:

$$\mu_k = \frac{\int_{\lambda_{min}}^{\infty} \mu_\lambda I_\lambda d\lambda}{\int_{\lambda_{min}}^{\infty} I_\lambda d\lambda}. \qquad (15b)$$

A számlálóban áll a sugárgyengülés, a nevezőben a beeső sugárzás erőssége. A számláló értékét úgy kapjuk meg, hogy a beeső sugárzás erősségéből kivonjuk a szűrőn keresztüljutó sugárzás erősségét. E képlet alapján bármilyen anyagi minőségű vékony lemez közepes gyengítési együtthatóját megmérhetjük és táblázatból kikereshetjük a hozzátartozó közepes hullám-

hosszúságot is. Ezekre van szükség a helyi dózis kiszámításakor. *A közepes gyengítési együttható és hullámhosszúság bevezetésének az a nagy előnye, hogy általa visszavezettük az összetett sugárzás dózisának megmérését az egynemű sugárzásra.*

Megjegyzendő, hogy elnyelő réteg nélkül is lehet értelmezni a beeső sugárzás közepes hullámhosszát, a (15*b*)-hez hasonló egyenlet alapján. Úgyanis

$$\lambda_k = \frac{\int_{\lambda_{min}}^{\infty} \lambda I_\lambda d\lambda}{\int_{\lambda_{min}}^{\infty} I_\lambda d\lambda}. \qquad (16)$$

(Ilyen egyenlőséggel szokás egy látható fényforrásnak ú. n. fénytani súlypontját értelmezni.) A számlálóban lévő integrál összetartó, mert λ végtelen nagy értékénél az I_λ alacsonyabb rendű végtelen kicsiny lesz (KULENKAMPFF képlete alapján). Ez egyenlőség alapján értelmezett közepes hullámhosszúság és gyengítési együttható azonban nem látszik alkalmasnak arra, hogy a dózis kiszámításakor felhasználjuk, mert semmiféle biztosítékunk sincs arra, hogy valamely test a λ_k hullámú egynemű sugárzást éppen úgy nyeli el, mint a hozzátartozó összetett sugárzást. Hogy a μ_k értékéből ugyanezt a λ_k-t kapjuk, vagyis a (15*b*) és (16) egyenlet ugyanazt a közepes hullámhosszat értelmezi, az egyáltalában nem valószínű.

Foglalkozzunk most előbb a *víz-dózis* megmérésével. Bennünket különösen az az eset érdekel, midőn az összetett sugárzás olyan előzetes szűrésen megy keresztül, hogy csak a kemény alkotórészei maradnak meg és majdnem egyneműnek tekinthető. Ez az eset akkor fordul elő, ha az összetett sugárzást legalább félmilliméteres rézlemezen szűrjük át (belső orvosi kezelés). Ha az így megszűrt sugárzás közepes keménységét 5 cm-nél vékonyabb vízszűrővel határozzuk meg, a kapott közepes hullámhosszúság gyakorlati szempontból független a vízréteg vastagságától. Erről közvetlen mérések útján is meg lehet győződni. Ez a dolog azért fontos, mert vastagabb vízszűrővel pontosabban lehet megmérni a közepes hullámhosszat, mint vékonnyal. Tulajdon-

képen a vékony lemezre érvényes közepes hullámhosszra van szükségünk.

Ha a sugárzás csak a lámpa üvegen vagy esetleg még 1—2 mm vastag aluminiumszűrőn halad keresztül, akkor a vízszűrő vastagságának felső határa, mely alatt a közepes hullámhosszúság vagy gyengítési együttható független a szűrő vastagságától, a tapasztalat szerint kisebb: 1—2 cm. Egyébként ez kísérletileg mindig ellenőrizhető.

Nagyon lágy sugárzás (Grenzstrahlen) esetében egészen vékony víz vagy paraffinszűrő alkalmas a közepes adatok megmérésére.

Ezek után az összetett sugárzás beesésekor a vízdózis kiszámítása végett éppen úgy járunk el, mint egynemű sugárzáskor. Megmérjük a sugárzás erősségét vízszűrő nélkül és vízszűrővel, majd kiszámítjuk a közepes gyengítési együtthatót, továbbá a táblázatból kiolvassuk a megfelelő $\left(\frac{\mu}{\varrho} - \frac{\sigma_s}{\varrho}\right)$ értéket, végül kiszámítjuk a dózist.

Ha a sugárzást előzetesen legalább 0·5 mm rézszűrővel vagy ezzel egyenértékű más szűrővel megszűrtük, az előbbi dózistáblázatok összetett sugárzás esetében is éppen úgy használhatók, mint egynemű sugárzáskor. Ha a vízszűrő hőmérséklete nem pontosan 20 C°, ez számbajövő változásokat nem okoz. Ha a sugárzást előzetesen nem szűrjük meg ilyen nagy mértékben, akkor vagy minden alkalommal külön kiszámítjuk a dózist, vagy pedig vékonyabb vízszűrőre másik táblázatot készítünk.

A *levegő-dózis* megmérésekor szükség van a levegő közepes gyengítési együtthatójára. Minthogy a levegő sugárgyengítése általában nagyon csekély, ezt csak úgy határozhatnánk meg mérés útján, hogy igen nagy nyomású sűrített levegőt vagy esetleg folyékony levegőt használnánk sugárszűrőnek. De erre nincsen szükség. Ugyanis a tapasztalat szerint a levegő sugárgyengítése alapján meghatározható közepes hullámhosszúság jól megegyezik a megfelelő vízszűrővel kapott eredménnyel, minek az az oka, hogy a víz és levegő közepes rendszáma majdnem egyenlő: a vízé 7·43, a levegőé 7·69. A vízszűrő vastagságára nézve az előbbi megjegyzések irányadók: ez a sugárzás előzetes szűrésétől

függ. Ilyen módon levegő esetében is visszavezetjük az összetett sugárzás dózisának megmérését az egynemű sugárzáséra. Tehát az előbbi táblázatok most is használhatók, akár energia-, akár r egységben akarjuk ismerni a dózist.

Az alábbi 4. táblázat néhány mérési adatot tartalmaz, melyeket a Röntgen-ergométerrel határoztam meg kb. 3% pontossággal. A méréseket Stabilivolt-rendszerű Röntgen-készülékkel és kisebb alakú MÜLLER-féle Metro-lámpával végeztem. E lámpa terhelésének felső határa 160 kilovolt és 4 milliampère körül van; wolfram antikatódja használat közben rendszerint élénken izzik. A vízszűrők hőmérséklete és a szobahőmérséklet 23 ± 1 C° volt.

4. táblázat.

Az ergométerrel végzett mérések.

Lámpaterhelés		Távolság	Sugárszűrő (a lámpaüvegén kívül)	Műszer kitérése sugárszűrővel	Mérő-(víz)-szűrő	Műszer kitérése vízszűrővel	Víztömegdózisteljesítmény	Levegőtömegdózisteljesítmény	Levegőtérfogatdózisteljesítmény		Levegődózis	Közepes hullámhossz
kilovolt	m.-amp	cm	mm	osztályrész	cm	osztályrész	hektoerg / gr × perc	hektoerg / gr × perc	erg / cm³ × perc		r / perc	Å
101	4	45	1 Al	101	1·0	77	21·29	24·65	3·19		29·81	0·31
115	4	40	5 Al	116	2·3	70·5	13·76	14·69	1·90		17·77	0·22
144	4	50	0·5 Cu	113	4·6	48·2	9·22	9·06	1·17		10·96	0·161
146	4	40	1 Cu + 1 Al	113	4·6	50	8·66	8·31	1·07		10·05	0·145

4. A Röntgen-ergométer és a nagy iónos kamra mérési adatainak összehasonlítása.

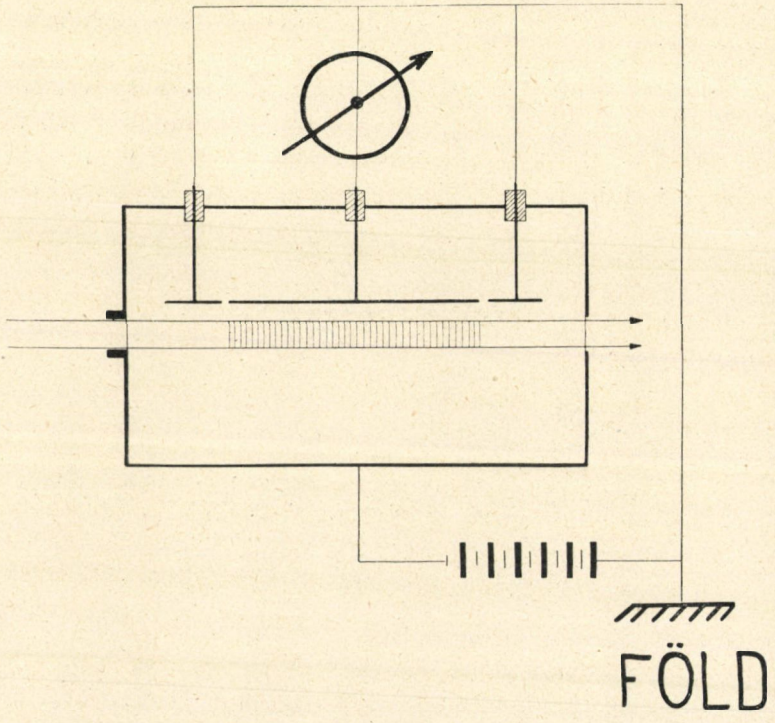
Amint láttuk, az ergométerrel meg lehet határozni a levegődózist is. E meghatározás közben nagyon fontos, hogy a sugárzás közepes hullámhossza mekkora. Ezt vízszűrővel mértük meg, valóban pedig a levegő sugárgyengítéséből kellett volna meghatározni. A közepes rendszámok megegyezése arra jogosított fel bennünket, hogy a kétféle módon megállapítható közepes hullámhosszúság értékét megegyezőnek tekintsük. Ennek a jogosultságáról azonban még külön meg kellett győződnünk. E végett

külön-külön megmértük az ergométerrel és a nagy iónos kamrával ugyanahhoz a sugárzáshoz tartozó levegő-dózist. A két mérés eredménye különféle összetételű sugárzásokra jól megegyezik egymással.

A nagy kamra minden tekintetben megfelelt azoknak a követelményeknek, amelyek a kifogástalan iónozás-mérésre fennállnak. Fenyőfából készült és ezenfelül grafitporral vastagon bevont rajzpapírral van kibélelve. A könnyebb előállítás és kezelés végett hasábalakúra készíttettem; belső méretei a következők: $40\times25\times25$ cm. Minthogy a sugárnyaláb a kamrát hossztengelye mentén járja át, az elektronok bőségesen kifejthetik teljes iónozó hatásukat. A kamra fedelén borostyánszigetelőkön keresztül nyúlik be a középső mérőelektród és a két védőelektród; a mérőelektród hossza 25 cm, a védőelektródoké pedig 5—5 cm; mindhárom elektród 1·5 mm átmérőjű aluminiumdrótból készült s a kamra tengelyétől legalább 2 cm távolságra van. A merőnyílás átmérője 15·7 mm. A sugár-belépés és kilépés helyét 0·5 mm vastag cellonlemez zárja el. Mindegyikre keresztet karcoltam, hogy a lámpa gyujtófoltját könnyen lehessen a kamra tengelyének irányába állítani. Az egész kamrát kívül 4 mm vastag ólomburok takarja; ezenfelül a sugárbelépési oldalon még 1 cm vastag ólomfal is áll. Áramforrásnak sorbakapcsolt szárazelepeket, akkumulátorokat és anódpótlót használtam, melyeknek feszültsége kereken 1200 voltot tett ki. E feszültség esetén telített áramot kaptam, mit az bizonyított, hogy 200 volttal csökkentve a feszültséget, az áram erőssége nem változott. Az iónos kamra az áramforrásokkal együtt vaslemezekből összeállított házikóban állott, melyből hajlékony fémcsőben elhelyezett, kitűnően szigetelt drót vezetett a nagyobb távolságban lévő forgótekercses galvanométerhez. Ez HARTMANN és BRAUN-gyártmányú eszköz; érzékenysége olyan, hogy 1 mm kitérésnek 1 méter osztályzattávolságban $6{\cdot}1.10^{-10}$ ampère felel meg. Az osztályzatot a galvanométer tükrétől 510 cm távolságra állítottam. Ez esetben 1 osztályzat (1 mm) kitérésnek $1{\cdot}196.10^{-10}$ ampère felelt meg.

A kísérleti berendezés a 3. képen látható. A Röntgen-lámpa gyújtófoltja a mérőnyílás belső peremétől 32 cm, a mérő-

elektródnak a lámpa felé eső végétől pedig 40·5 cm távolságra esett. A sugárzás által keresztüljárt térfogat tulajdonképen a mérőelektród alatt bevonalkázott csonkakúp volt. Minthogy azonban a dózist merőleges sugárbeesésre vonatkoztatjuk, e helyett a vele egyenlő alapú henger térfogatát vesszük és ezzel számolva a

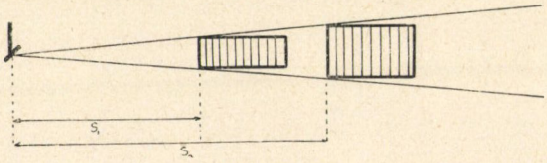


3. kép.

mérőelektródnak a lámpa felé eső végénél érvényes dózist kapjuk meg. Ha a henger keresztmetszetének a sugárhatároló nyílást választjuk (magasságát változatlanul hagyva), akkor a mérőnyílás belső pereménél kapjuk meg a dózist (4. kép). Ugyanis e két henger alapterülete úgy aránylik egymáshoz, mint a gyújtófolttól számított távolságuk (S_1 és S_2) négyzete; minthogy magasságuk egyenlő, térfogatuk is úgy aránylik, mint az említett távolságok négyzete. Tehát a két térfogattal való osztás útján valóban a

két különböző távolságban kapjuk meg a dózist.[1] Méréseinkben a dózist a mérőnyílás belső peremére vonatkoztatjuk. Ennek átmérője több irányban katetométerrel mérve középértékben 15·7 mm, területe 1·93 négyzetcentiméter. Minthogy a mérőelektród hossza 25 cm, a belépési nyílással egyenlő alapú és a mérőelektróddal egyenlő magasságú henger térfogata 48·37 kcm. Ez a térfogat irányadó, ha a dózist a mérőnyílás belső peremére vonatkoztatjuk.

A galvanométerrel a dózisteljesítmény közvetlenül megmérhető. Beejtve a sugárzást, leolvassuk az iónozási áram erősségét. Ez egyenlő a galvanométer kitérése szorozva $1{\cdot}196.10^{-10}$ ampèrerel. Ebből kiszámítjuk a 0 C°-u és 760 mm nyomású levegőben



4. kép.

fellépő iónozási áram erősségét ($i_{0,760}$), figyelembe véve a levegő hőmérsékletét és nyomását. A használt képlet a következő:

$$i_{0,760} = i_{t,\,h}\,(1 + 0{\cdot}00367\,t)\,\frac{760}{h}\cdot \qquad (17)$$

A t jelenti a hőmérsékletet C°-ban, a h a zerus C°-ra átszámított (redukált) barométerállást mmben. Hogy az r/sec-ok, vagy az r/percek számát ugyancsak a mérőnyílásnál kiszámíthassuk, csak azt kell figyelembe vennünk, hogy 1 r/sec esetében 1 kcm levegő besugárzásakor a telített iónozási áram erőssége $3{\cdot}33.10^{-10}$ ampère vagy pontosan $10/3.10^{-10}$ ampère. Ugyanis ezt felhasználva a 48·37 kcm levegő besugárzásakor a telített iónozási áram erőssége 161.10^{-10} ampère, ha a dózisteljesítmény a mérőnyílásnál 1 r/sec. Összehasonlítva az észlelt iónozási áram erősségét ez utóbbi értékkel, azonnal megkapjuk az r/sec-ok számát; 60-al való szorzás után meg az r/perc-ek számát. Képletben

[1] Részletesebben l. H. Behnken: Strahlentherapie **26**. k., 79. o., 1927.

$$r/\text{perc-ek száma} = \frac{i_{0,760} \cdot 60}{161.10^{-10}}. \qquad (18)$$

Az 5. táblázat tartalmazza az utóbbi képlet alapján a nagy iónos kamrával meghatározott mérési adatokat és dózisokat kb. 3% pontossággal. A méréseket ugyanolyan sugárzási viszonyok között végeztem, mint az ergométerrel. Legelőnyösebb lett volna egyidejűleg végezni a méréseket, azonban ennek különféle műszerbeli akadályai voltak.

5. táblázat.

A nagy iónos kamrával végzett mérések.

Lámpaterhelés		Mérőnyílás távolsága a fókusztól	Sugárszűrő (a lámpaüvegén kívül)	Galvanométer kitérése sugárszűrővel	Szobahőmérséklet	Barométerállás 0 C°-ra átszámítva	Dózisteljesítmény levegőben	Dózisteljesítmény levegőben	
								ergométer	iónos kamra
kilovolt	m.-amp.	cm	mm	osztályrész	C°	mm	$\frac{r}{\text{perc}}$	40 cm távolság $\frac{r}{\text{perc}}$	
101	4	32	1 Al	122·5	23	753	59·24	37·73	37·91
115	4	32	5 Al	58	23	753	28·05	17·77	17·95
144	4	32	0·5 Cu	57	23	753	27·56	17·12	17·64
146	4	32	1 Cu + 1 Al	32·5	23	753	15·72	10·05	10·06

Ez utóbbi táblázat két utolsó oszlopában találhatók az ergométerrel és iónos kamrával külön-külön mért levegődózisok, ugyanolyan sugárzások beesésekor. A megegyezés teljesen kielégítő. Ebből az következik, hogy az ergométer nemcsak önálló mérőeszköz, hanem kis iónos kamrák hitelesítésére is felhasználható. Főfeladata azonban a sugárzás erősségének és a tömegegységre vonatkoztatott valódi dózisnak (az elnyelt sugárzási energiának) a megmérése.

Azt lehetne gondolni, hogy viszont az iónos kamrát a sugárzás erősségének a mérésére is felhasználhatjuk a Kulenkampff-féle összefüggés alapján. Néha igen, de általában nem. Hogy hol vannak a határok, arról egy következő dolgozatomban fogok megemlékezni.

(A M. T. Akadémia III. osztályának 1936. április 20-án tartott üléséből.)

DIE ENERGIEMESSUNG DER RÖNTGENSTRAHLUNG.

Von E. CSÁSZÁR, Korr. Mitglied der Akademie.

Im ersten Teil der Abhandlung wird die Definition der Dosisleistung pro Volumeneinheit und pro Masseneinheit eingeführt. Nachdem ist:

$$D_{sec}^{kem} = I_0 \bar{\mu} \quad \text{und} \quad D_{sec}^{gr} = I_0 \frac{\bar{\mu}}{\varrho},$$

wo I_0 die Intensität der einfallenden Strahlung, $\bar{\mu}$ den wahren Absorptionskoeffizienten und ϱ die absolute Dichte bedeutet. Ferner wird die Behnkensche Bestimmung der *r*/sec Einheit angegeben: «Die Dosisleistung 1 *r*/sec erzeugt in 1·29 mg Luft bei voller Elektronenausnützung und bei Vermeidung von Wandwirkungen einen gesättigten Ionisationstrom von 1 ESE = $= 3{\cdot}33.10^{-10}$ Ampère».

Im zweiten Teil beschreibt der Verfasser, wie die Dosisleistung in Wasser und Luft durch das von ihm konstruierte *Röntgenergometer* beim Einfallen von *homogener Strahlung* gemessen werden kann. Seine Methode besteht darin, dass man mit dem Apparat zuerst die Strahlungsintensität und dann die durch irgendeinen Filter verursachte Schwächung der Strahlung misst. (Verfasser benützte aus rechnerischen Gründen einen Wasserfilter von 4·6 cm Dicke.) Aus den Resultaten dieser Messungen wird die Dosisleistung im Wasser mittels folgender Formel berechnet:

$$D_{sec}^{gr} = \frac{a \cdot 4{\cdot}2 \left(\frac{\mu}{\varrho} - \frac{\sigma_s}{\varrho} \right)_{\text{Wasser}} .60}{1{\cdot}09.100} \text{ hektoerg/gr. min},$$

in der a den der Intensität entsprechenden Ausschlag, $\frac{\mu}{\varrho}$ den Massenschwächungskoeffizienten, $\frac{\sigma_s}{\varrho}$ den Massenstreuungskoeffizienten bedeutet. Um langwierige Rechnungen zu vermeiden, gibt der Verfasser eine Tabelle für ein Wasserfilter von 20° C an, aus welcher die Dosen zu entnehmen sind. Mittelst einer ähnlichen Formel ist auf die Massenheit bezogene Dosisleistung in Luft zu berechnen. Ohne jede Schwierigkeit kann man die Dosisleistung in r/sec Einheiten durch die folgende Formel berechnen:

$$D = \frac{a.4{\cdot}2\left(\frac{\mu}{\varrho} - \frac{\sigma_s}{\varrho}\right)_{\text{Luft}}.60}{1{\cdot}09.773.0{\cdot}107} \; r/\text{min}.$$

Die Ergebnisse der Rechnungen sind auch jetzt aus einer Tabelle zu entnehmen.

Im dritten Teil der Abhandlung wird die Methode der Dosismessung im Falle einer *zusammengesetzten Strahlung* besprochen, bezogen in erster Linie auf Wasser und Luft. Verfasser zeigt, dass auch hier die Methode, die für die homogene Strahlung angegeben wurde, anwendbar ist, wenn man mit dem Ergometer auch die mittlere Wellenlänge der zusammengesetzten Strahlung misst. Er gibt auch eine mathematische Definition der mittleren Wellenlänge der zusammengesetzten Röntgenstrahlung durch Berufung auf den ersten Mittelwertsatz der Integralrechnung. Wichtig ist es, dass der zur Messung der mittleren Wellenlänge benützte Wasserfilter eine geeignete Dicke habe. Die zur Berechnung der Luftdosis nötige mittlere Wellenlänge ist ebenfalls durch einen Wasserfilter bestimmbar, denn die mittleren Atomzahlen des Wassers und der Luft sind beinahe gleich.

Im letzten Teil der Abhandlung berichtet der Verfasser über entscheidende Experimente. Die Dosisleistung in Luft in r min Einheiten wird beim Einfallen der durch Al und Cu Filter von verschiedenen Dicken gefilterten inhomogonen Strahlung gemessen, gleichzeitig mit dem Röntgenergometer und mit einer

grossen Ionisationskammer. Die Dimensionen der Ionisationskammer sind $40 \times 25 \times 25$ cm, die eingeschaltete Spannung war über 1200 Volt, die Stärke des Ionisationstromes wurde mit einem empfindlichen Drehspulgalvanometer gemessen. Die Messungsresultate zeigten eine gute Übereinstimmung. Man kann also das Röntgenergometer in der Praxis zur Bestimmung der Einfallsdosis und auch zur Eichung von kleinen Ionisationskammer gut verwenden. Weitere Untersuchungen sind im Gange.

(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften vom 20. April 1936.)

AZ ATMOSZFÉRIKUS OXIGÉN-SÁVOK ZEEMAN JELENSÉGÉRŐL.

M. ZEMPLÉN JOLÁN-tól.

I. A kétatomos oxigén-molekulának több abszorpciós sávrendszere ismeretes. A legfontosabbak ezek közül: az ultraibolyában fekvő SCHUMANN—RUNGE-féle sávrendszer, melyet emisszióban is sikerült észlelni, továbbá a látható vörösben fekvő, ú. n. atmoszférikus oxigénsávrendszer. Ez utóbbi a legrégebben ismert abszorpciós molekula-színképek egyike. Sávjai már a Napnak FRAUNHOFER-től származó színképein is szerepelnek, mint az «*A*» (λ 7596 Å), «*B*» (λ 6869 Å) és «*a*» (λ 6278 Å) «vonalak». A használt eszközök csekély felbontóképessége következtében ugyanis a sávok éles vonalaknak látszottak. EGOROFF[1] szerint a földatmoszféra oxigénjének abszorpciójából származnak. Ezt a feltevést JANSSEN,[2] majd LIEVING és DEWAR[3] földi fényforrással végzett kísérletei igazolták. JANSSEN folytonos fényforrás fényét bocsátotta át tiszta oxigénen és az így nyert abszorpciós színképet összehasonlította a Napnak FRAUNHOFER-féle színképével. A kísérleteihez használt 42 cm hosszú, 70 atm. nyomású oxigénréteg abszorpciója kvalitatíve teljesen megegyezett a FRAUNHOFER-színkép megfelelő vonalaival; ez az egyezés a rétegvastagság és nyomás tág határok közti változtatása mellett is megmaradt, a sávok intenzitása azonban nem egyforma mértékben változott. LIEVING és DEWAR 165 cm hosszú és 85∼190 atmoszféra nyo-

[1] C. R. **92**, 385, 1881., **97**, 555, 1883.

[2] C. R. **102**, 1352, 1886., **106**, 1118, 1888.

[3] Phil. Mag. **26**, 286, 1886.

mású oxigénréteg, továbbá cseppfolyós oxigén abszorpcióját vizsgálták. Utánuk még számosan megismételték a méréseket, melyek eredményeképpen az alábbi 5 abszorpciós «vonalat» sikerült meghatározni:

1. táblázat.

	A	B	α	α'	α''	
$\lambda =$	7596	6869	6278	5790	5380	Å

Ezen az öt, aránylag nagy intenzitású sávon kívül találtak még néhány gyengébb sávot, melyek láthatólag más, az előbbivel párhuzamosan futó sorozatot képeznek. Mint BAUER[1] kimu-

1. ábra.

tatta, ezek oxigén abszorpciótól származnak ugyan, de nem a kétatomos, hanem a VAN DER WAALS-erők által lazán kötött O_4 molekuláktól. A JANSSEN által tapasztalt intenzitás anomália, hogy t. i. egyes sávok intenzitása a nyomás négyzetével változik, a $2O_2 \rightleftarrows O_4$ reakció egyenletek alapján levezethető $K = \frac{[O_2]^2}{[O_4]}$ egyensúlyi állandó révén magyarázható.

Később a nagyobb felbontóképességű eszközök alkalmazása folytán felderíthetővé lett a sávok különös szerkezete.

Valamennyi ág a sáv közepén levő, üresen hagyott helyről látszik kiindulni. Vörös felé a vonalak kettős, egymástól állandóan távolodó sorozatot alkotnak, míg ibolya felé ezek a vonalpárok közelednek egymáshoz, majd fejet alkotva visszafordulnak.

[1] Hdb. d. angewandt. phys. Chemie Bd. 5, 98, 1907.

A molekula-színképek sávjainak, illetve a sávok egyes vonalainak rendszerbe, formulába való foglalását sokan megkísérelték, így az atmoszférikus oxigénsávokra LANGLEY és SMYTH,[1] CORNU,[2] majd HIGGS,[3] de mivel egyrészt az akkori mérések pontossága nem volt kielégítő, másrészt a felállított formulák nem voltak megfelelőek, nem nagy eredménnyel. DESLANDRES-nek[4] sikerült először úgy a sávok, mint a sávvonalak rendszerére általában alkalmas formulákat találnia, melyeket LESTER[5] igyekezett még megkorrigálni, hogy az oxigénre vonatkozó tapasztalatokkal jobb egyezést kapjon.

A kétatomos molekulák színképeit tárgyaló összefoglaló cikkében MECKE[6] az öt legintenzívebb oxigénsávot a következő DESLANDRES-formulával interpretálja:

$$\nu_0 = 13117{\cdot}6 + n(1418{\cdot}86 - 14{\cdot}05\, n).$$

MECKE arra a következtetésre jut, hogy az egyes sávokhoz rendelt elektronátmenetek végállapota közös és azonos a SCHUMANN-sávok végállapotával. Az egyes sávok vonalait szintén DESLANDRES-formulába foglalja össze és megállapítja, hogy e sávok az «I. típushoz» tartoznak, mivel az R és P ág vonalai is kettősek, azaz — más kifejezésmód szerint — dublettsávokról van szó. MECKE az egyes ágak között kombinációdifferenciákat képez, azon az alapon, hogy az R_1 és P_2, valamint az R_2 és P_1 ágak tartoznak össze. Kombinációrelációi:

$$R_1^{\prime}(m) - P_2(m) = 11{\cdot}60\,(m+{}^1/_4) - 0{\cdot}008\,(m+{}^1/_4)^2$$
$$R_2(m) - P_1(m) = 11{\cdot}55\,(m+{}^1/_4) - 0{\cdot}008\,(m+{}^1/_4)^2.$$

A LESTER által felfedezett gyengébb vonalakat MECKE az R ágak meghosszabbításának tekinti és azokkal kapcsolatban «intenzitásanomáliákról» beszél.

DIECKE és BABCOCK[7] újra kimérik az A, B és a sávokat.

[1] Proc. Amer. Acad. **14**, 62, 1878.
[2] Ann. de Chim. et Phys. **7**, 5—102, 1886.
[3] Proc. Roy. Soc. **54**, 200, 1893.
[4] C. R. **100**, 854, 1885. és **137**, 1013, 1903.
[5] Astrophys. J. **20**, 81, 1904.
[6] Phys. Zsch. **26**, 217, 1925.
[7] Proc. Nat. Ac. **13**, 570, 1927.

Új kombinációdifferenciákat számítanak ki és ezek alapján arra a következtetésre jutnak, hogy a sávok «$^3P-{}^3I$)» átmenetet képeznek. Megjegyzik azonban, hogy a «missing lines», azaz a sávok kezdőpontja körüli hiányzó vonalak értelmezése tekintetében bizonyos nehézségek merülnek fel ezzel az interpretációval szemben.

Ossenbrüggen[1] az oxigénsávok szinképével foglalkozó összefoglaló dolgozatában szintén foglalkozik az atmoszférikus oxigénsávokkal, de szerkezetüknek minden tekintetben kielégítő magyarázatát ő sem tudja adni. Nagyfontosságú azonban az a megállapítása, hogy alsó nívójuk feltétlenül Σ-nívó. Az atmoszférikus oxigénsávok és a Schumann-sávok alsó nívója ugyanis közös; a Schumann-sávok viszont, mivel csak R és P ágakból állanak, biztosan $\Sigma-\Sigma$ átmenetet képeznek, valószínűleg $^2\Sigma-{}^2\Sigma$-t.

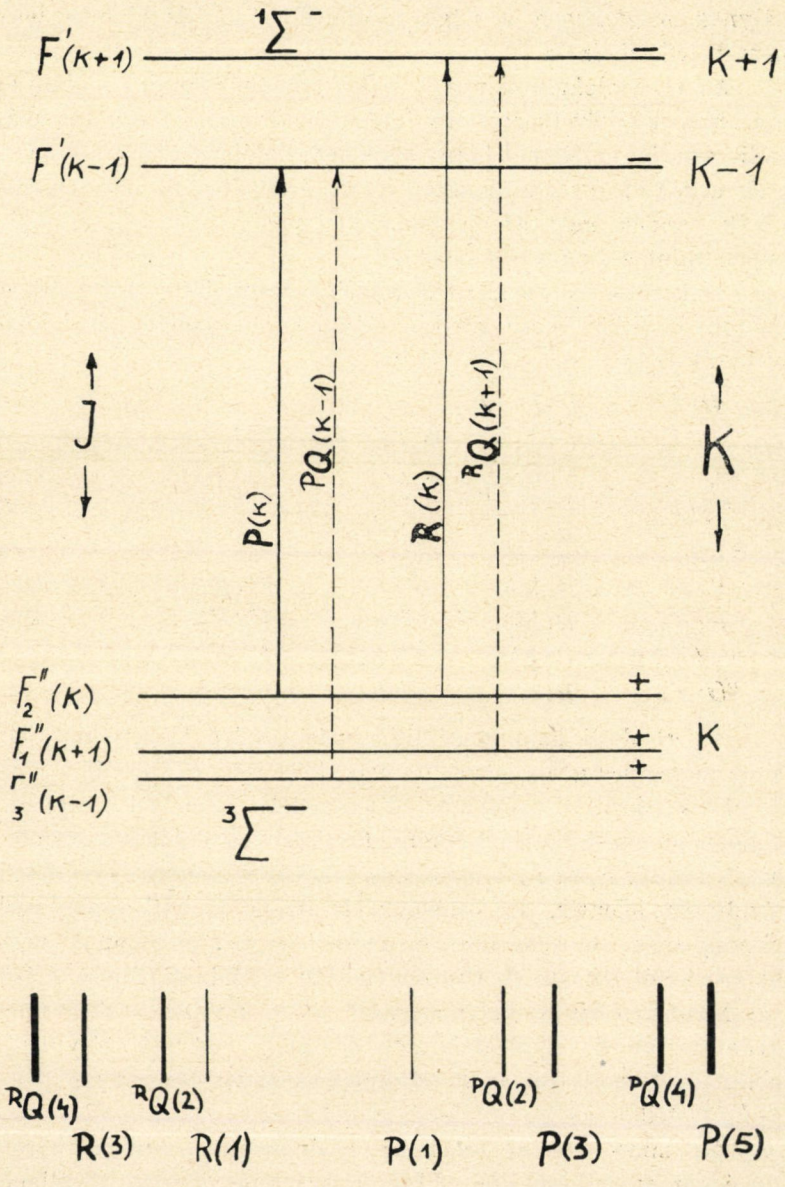
Az atmoszférikus oxigénsávok szerkezetének magyarázata Mulliken-től[2] származik. Szerinte Diecke és Babcock korábbi magyarázata csak azon az alapon volna értelmezhető, hogy ha $^2\Sigma-{}^2\Sigma$, illetőleg $^2\Pi-{}^2\Pi$ sávokról lenne szó, mivel Q ágak nincsenek (tehát $\Sigma-\Sigma$ vagy $\Pi-\Pi$) és az R és P ágak kettősek (tehát dublett). Azonban a párosszámú külső elektront tartalmazó molekulák termjeinek multiplicitása csak páratlan lehet. Az alsó állapotról a Schumann-sávokkal való egyezés következtében tudjuk, hogy az $^3\Sigma$-nívó. Marad tehát mint egyetlen lehetséges magyarázat a $^1\Sigma\rightarrow{}^3\Sigma$ interkombináció. Ezen az alapon az észlelt négy ág a 2. ábra szerint a következő termek között képez átmenetet:

$$\begin{aligned}
R(J) &= F'(J+1) - F_2''(J) \equiv \quad R(K) \quad = F')K+1) - F_2''(K) \\
{}^RQ(J) &= F'(J) \quad - F_1''(J) \equiv {}^RQ(K-1) = F'(K) \quad - F_{1l}''(K-1) \\
P(J) &= F'(J-1) - F_2''(J) \equiv \quad P(K) \quad = F'(K-1) - F_2''(K) \\
{}^PQ(J) &= F'(J) \quad - F_3''(J) \equiv {}^PQ(K+1) = F'(K) \quad - F_3''(K+1)
\end{aligned}$$

A megfigyelt és a sávokra jellemző dubletteket az ${}^RQ(J+1) \equiv {}^RQ(K)$ és $R(J) \equiv R(K)$, továbbá a ${}^PQ(J-1) \equiv {}^PQ(K)$ és $P(J) \equiv P(K)$ vonalak alkotják. A $\Delta J = 0, \pm 1$ kiválasztási sza-

[1] ZS. f. Phys. **49**, 167, 1928.

[2] Phys. Rev. **32**, 880, 1928.


$^1\Sigma^-$
$F'(K+1)$
$K+1$
$F'(K-1)$
$K-1$
J
K
$P(K)$
$PQ(K-1)$
$R(K)$
$RQ(K+1)$
$F_2''(K)$
$F_1''(K+1)$
$F_3''(K-1)$
K
$^3\Sigma^-$
$RQ(4)$
$RQ(2)$
$R(3)$
$R(1)$
$P(1)$
$PQ(2)$
$P(3)$
$PQ(4)$
$P(5)$

2. ábra.

bálynak megfelelően a négy megfigyelt ágon kívül más ágak nem keletkezhetnek.

Az O_2 molekula szimmetrikus voltának, valamint a hiányzó magspinnek a következtében mindkét elektronnívón minden második rotációs emeletnek hiányoznia kell. Valóban a felső állapotra csak a K rotációs kvantumszám páros értékeihez tartozó rotációs nívók vannak meg, az alsó állapoton pedig csak a páratlanok, éppen mint a SCHUMANN-sávoknál.

A kezdő- és végállapot rotációs termjei — a szokásos módon — a következő kombinációdifferenciák segítségével állapíthatók meg:

$$\begin{aligned}
R(J) - P(J) &= F''(J+1) - F''(J-1) = \Delta_2 F''(J) && a)\\
R(J-1) - P(J+1) &= F_2'''(J+1) - F_2'''(J-1) = \Delta_2 F_2'''(J) && b)\\
{}^{R}Q(J+1) - R(J) &= F_2'''(J) - F_1'''(J+1) && c)\\
{}^{P}Q(J-1) - P(J) &= F_2''(J) - F_3'''(J-1) && d)
\end{aligned}$$

illetőleg

$$\begin{aligned}
R(K) - P(K) &= F'(K+1) - F'(K-1) = \Delta_2 F'(K)\\
R(K-1) - P(K+1) &= F_2''(K+1) - F_2''(K-1) = \Delta_2 F_2''(K)\\
{}^{R}Q(K) - R(K) &= F_2'''(K) - F_1'''(K)\\
{}^{P}Q(K) - P(K) &= F_2''(K) - F_3'''(K)
\end{aligned}$$

Az *a)* alatti kombinációdifferencia a felső ${}^1\Sigma$-nívó termjeit, a *b)* alatti pedig az alsó ${}^3\Sigma$-nívó középső, F_2 termjeit adja. A *c)* és *d)* alatti kombinációdifferenciák — melyek tulajdonképpen az említett «dublettfelbontásokkal» egyenlők — a triplett nívók szélső, F_1 és F_3 komponenseinek az F_2 komponenstől való távolságát jelentik. Ez utóbbiak alapján a triplettkomponensek viszonylagos helyzete minden rotációs kvantumszámnál meghatározható. DIECKE és BABCOCK mérési adatainak felhasználásával MULLIKEN kimutatja, hogy az F_1 és F_3 komponensek minden kvantumszámnál szűk dublettet alkotnak, melynek súlypontja kb. 2 cm^{-1}-gyel van az F_2 komponens alatt. Maga az $F_3(J) - F_1(J)$ felbontás kb. $J=5$-nél előjelet vált.

MULLIKEN szerint ezzel az értelmezéssel szemben három nehézség merülhetne fel. Először az, hogy a felső ${}^1\Sigma$ állapot kombinációdifferenciáinak helyessége nem kontrollálható, mert egy-egy vibrációs nívóhoz csak egyetlen sáv tartozik. Azóta

azonban MECKE és BAUMANN[1] a Nap abszorpciós színképén $\lambda = 7710$ Å-nél felfedezte és kimérte az (1, 1) sávot. Ennek kombinációdifferenciái kétségtelenné tették a MULLIKEN-féle értelmezés helyességét.

A második nehézség az A sávban található gyenge vonalak, melyek az erős ágakkal párhuzamosan futó sorozatokat alkotnak, de amelyeknek értelmezését MULLIKEN nem tudta adni. Ezek a vonalak DIECKE és BABCOCK[2] szerint külön sávot (A' sáv) alkotnak. Ez a sáv GIAUQUE és JOHNSTON[3] szerint az $O^{16}O^{18}$ molekulától származik. BABCOCK[4] újra méri az A' sávot és igazolja GIAUQUE és JOHNSTON feltevését, amennyiben megállapítja, hogy itt nem hiányzik minden második vonal: ami az $O^{16}O^{18}$, azaz a már nem szimmetrikus abszorbensre vall.

Végül rámutat MULLIKEN arra, hogy az alsó állapot triplett-felbontása nem felel meg a HUND-féle elmélet által követeltnek; ${}^3\Sigma$-nél ugyanis a spinfelbontásnak első közelítésben arányosnak kellene lennie J-vel. KRAMERS-nek[5] ezt a nehézséget is sikerült legyőznie azáltal, hogy a többelektronrendszerben tekintetbe vette az elektronspinek egymásközötti és a pályaimpulzusokkal való kölcsönhatását. Ezáltal a tapasztalattal jól megegyező formulákat kapott a triplett Σ-termek spinfelbomlására.

Mindezek a vizsgálatok kétségtelenné tették, hogy az atmoszférikus oxigénsávok ${}^3\Sigma \rightarrow {}^1\Sigma$ átmenetet képeznek. Tisztázatlanok maradtak még azonban a termek szimmetria-viszonyai.

WIGNER és WITMER[6] nyomán a kétatomos molekulák rotációs termjei két csoportba oszthatók. Azok a termek, melyeknek sajátfüggvényei a koordináták kezdőpontján át való tükröztetésnél előjelet nem váltanak, pozitív termek, amelyek sajátfüggvényei előjelüket megváltoztatják, negatív termek. Az olyan molekulanívókat, ahol $\Lambda > 0$, azaz Π-, Δ-stb. nívókon, a A típusú dublettek egyik komponense mindig pozitív, a másik negatív. A Σ

[1] Zs. f. Phys. **73**, 139, 1932.
[2] Proc. Nat. Acad. Sci. **13**. 670, 1927.
[3] Nature **123**, 318, 1929.
[4] Proc. Nat. Acad. Sci. **15**. 471, 1929.
[5] Zs. f. Phys. **53**, 422, 1929.
[6] Zs. f. Phys. **51**, 359, 1928.

nívóknál azonban, ahol nincs Λ típusú dublett (mivel $\Lambda=0$), két esetet kell megkülönböztetnünk. Ha K páros értékeihez pozitív, páratlan értékeihez negatív termek tartoznak, Σ^+ nívókról, ellenkező esetben Σ^--nívókról beszélünk.[1]

Két egyforma atomból álló molekulánál még egy másik szimmetriatulajdonságra is tekintettel kell lennünk. A szerint ugyanis, hogy a magok felcserélése esetén a sajátfüggvények jelet váltanak-e vagy sem, az elektronnívókat «u» vagy «g» (ungerade vagy gerade) nívóknak nevezzük. Az elmélet — a tapasztalatok nagy számával megegyezésben — elsősorban az ellenkező szimmetriájú termek közötti átmeneteket «engedi meg», tehát pozitív termek csak negatív termekkel, g-nívók csak u-nívókkal kombinálódnak.

Csoportelméleti meggondolások arra mutatnak, hogy a kétatomos oxigénmolekula alapállapota ${}^3\Sigma_g^-$-nívó. Az O_2 alapállapota ugyanis valószínűleg két ${}^3P$ alapállapotú oxigénatomtermből származik; az ezek kombinációjából létrejövő legstabilabb elektronkonfigurációból ${}^1\Sigma_g^+$, ${}^1\Delta_g^+$ és ${}^3\Sigma_g^-$ molekulaterm állhat elő. Tekintettel azonban az oxigéngáz paramagnetikus tulajdonságaira, alapállapotként a szingulettermek nem jöhetnek tekintetbe; ${}^3\Sigma$ alapján az elméletileg várható molekuláris szuszceptibilitásra vonatkozólag végzett számításokat VAN VLECK[2] és ezt az oxigéngáz mágneses tulajdonságaira vonatkozó tapasztalatokkal jól megegyezőnek találta.

Az O_2 alapállapotául a ${}^3\Sigma_g^-$ termet elfogadva, elvileg eldönthető lenne, hogy milyen az atmoszférikus oxigénsávok felső állapotának szimmetriája, melyről az eddigiek szerint bizonyos ugyan, hogy ${}^1\Sigma$ nívó, azonban a két lehetőség: ${}^1\Sigma_u^+$, és ${}^1\Sigma_u^-$, között csak újabb megfontolások alapján választhatunk. Ilyenekre az intenzitáseloszlás megfigyelése nyujthat módot, amennyiben az elmélet-adta kiválasztási szabályok folytán egyes átmenetek előnyben részesülnek.

SCHLAPP[3] például ${}^1\Sigma_u^- \leftarrow {}^3\Sigma_g^-$ átmenetet feltételezve kiszá-

[1] L. pl. MULLIKEN, Rev. of. Mod. Phys. 3, 91, 1931.

[2] Phys. Rev. 31, 587, 1928.

[3] Phys. Rev. 39, 806, 1932.

mitotta az intenzitáseloszlást az atmoszférikus oxigénsávokon belül. Az eredmény csaknem egészen megegyezik CHILDS és MECKE mérési adataival:[1] amennyiben az átmeneti valószínűség a tapasztalat és elmélet szerint a J rotációs kvantumszám egyszerű függvényeivel arányos:

2. táblázat.

Ag	I mért	I szám
P	$(J+2)/2$	$(J+2)/2$
^rQ	$(J+1/2)/2$	$J/2$
^nQ	$(J+1/2)/2$	$(J+1)/2$
R	$(J-1)/2$	$(J-1)/2$

A relatív intenzitáseloszlás tehát a $^1\Sigma_u^-$ felső állapot mellett szól; ellene szól azonban az, hogy a legalacsonyabb elektronkonfigurációból csak $^1\Sigma_g^+$ term származhat. Az elmélet szerint a három legalsóbb termnek $^3\Sigma_g$, $^1\Delta_g$- és $^1\Sigma_g^+$-termnek kell lennie, kb. 1—1 Volt energiakülönbséggel. A $^1\Delta_g$-nívót valóban meg is találták ELLIS és KNESER,[2] valamint HERZBERG[3] 0·98 Volttal az alapállapot fölött. Viszont az atmoszférikus oxigénsávok felső állapota 0·64 Volttal van feljebb ennél. Míg a $^1\Sigma_u^- \leftarrow {}^3\Sigma_g^-$ átmenet ú. n. (elektromos) dipólsugárzást reprezentálna, addig a $^1\Sigma_u^+ \leftarrow {}^3\Sigma_g^-$ átmenetet mint elektromos quadrupólsugárzást kellene interpretálnunk. A relatív intenzitáseloszlás ebben az esetben is ugyanolyan lenne, mint dipólsugárzasnál, az abszolút intenzitás azonban az észlelés szerint — SCHLAPP szerint — sokkal nagyobb, mint ami quadrupólsugárzásnál várható.

A $^1\Sigma_g^+$ és $^3\Sigma_g^-$ termek között elektromos quadrupólsugárzáson kívül még mágneses dipólsugárzás is felléphet. Mint VAN VLECK[4] kimutatta, ennek az intenzitása kb. $10^3 \sim 10^4$-szer akkora,

[1] ZS. f. Phys. **68**, 362, 1931.
[2] Phys. Rev. **44**, 420, 1933.
[3] Nature **133**, 759, 1934.
[4] Astroph. J. **80**, 161, 1934.

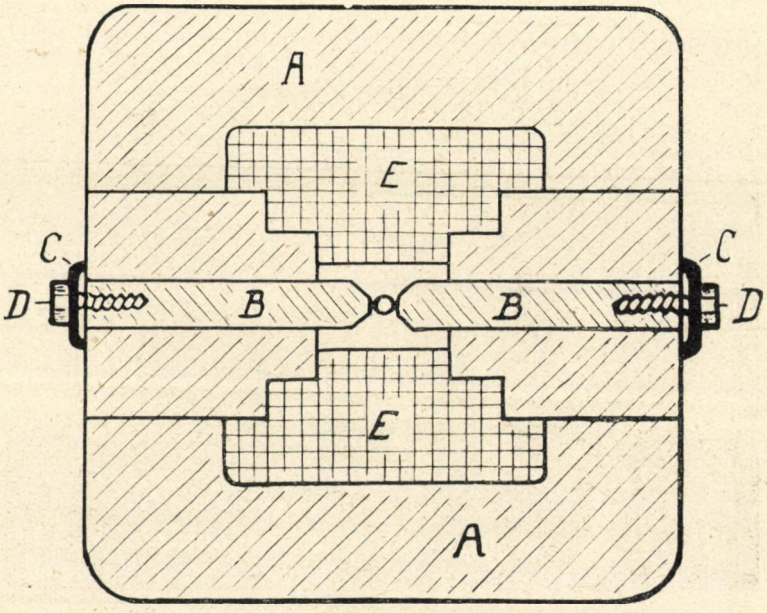
mint a quadrupólsugárzásé, a relatív intenzitáseloszlás pedig éppen olyan, mint amannál. Mágneses dipólsugárzást feltételezve tehát az elektronkonfiguráció és az intenzitásviszonyok körülményei egyaránt ki vannak elégítve.

A mágneses dipólsugárzás mellett természetesen szerephez jut az elektromos quadrupólsugárzás is, de csak mintegy tízezerszer kisebb intenzitással. Viszont, hogy tisztán quadrupólsugárzásról nem lehet szó, azt az mutatja, hogy a quadrupólsugárzás a $\Delta J = \pm 2$-höz tartozó átmeneteket is megengedi, mégpedig a $\Delta J \pm 1$ ágakkal egyenlő nagyságrendű intenzitással, azaz ezeknek az ágaknak szintén meg kellene a színképen jelenniük.

II. A molekuláris ZEEMAN-effektus vizsgálata (az ú. n. magnetorotációs jelenségeket nem számítva ide) eddig főképpen az emissziós jelenség észlelésére szorítkozott. Ennek főokául kell tekintenünk, hogy a spektroszkópiai laboratóriumokban használt elektromágnesek aránylag kis kiterjedésű homogén mágneses teret voltak csak képesek előállítani. Ezen a kis helyen emissziós fényforrások elhelyezhetők voltak ugyan, abszorpciós vizsgálatok esetén azonban a vizsgálandó anyag rétegvastagsága csak alig néhány cm-nyi lehetett, amelyen belül a vizsgálandó, például gázmolekulákat elegendő koncentrációban elhelyezni nemigen lehetséges. Másrészt a molekuláris ZEEMAN-effektus nagyságrendje $1 \sim 2\Delta\nu_{\text{norm}} \left(\Delta\nu_n = \frac{e}{2mc} H = 4{\cdot}7 \cdot 10^5 \text{ GAUSS}\right)$ körül lévén, az alkalmazott legnagyobb (20 ~ 40,000 GAUSS térerősségű) mágneses terek esetén is csak nagy feloldóképességű és diszperziójú és így szükségkép kis fényerejű eszközök használata mellett lett volna lehetséges a kvantitatív vizsgálat. A Műegyetem Fizikai Intézetében felállított optikai konkáv rács a nagyteljesítményű új elektromágnessel kapcsolatban, úgy a nagy rétegvastagság, mint a nagy fényerő, diszperzió, feloldóképesség követelményeit kielégíti, úgyhogy abszorpciós ZEEMAN-effektus vizsgálatára kiváló lehetőséget nyujt.

Az Intézet optikai konkáv rácsát Prof. WOOD készítette. A rács hüvelykenként 30,000 karcolatú, az összes karcolatok száma, egyben a feloldóképesség az elsőrendben mintegy 200,000;

6·5 m-es körön van elhelyezve PASCHEN-felállításban, diszperziója az első rendben 1·2∼1·3 ÅNGSTRÖM lemez-mm-enként. Felülete a nagy reflexióképességű HOCHHEIM-féle ötvözettel van bevonva. A bevonás előtt a vonalak élessége sok kívánnivalót hagyott maga után és az erősebb vonalakat kísérő úgynevezett «szellemek» (Geist) is zavartak. A HOCHHEIM-ötvözettel bevont rács viszont a várakozáson felül éles vonalakat ad, a szellemek el-

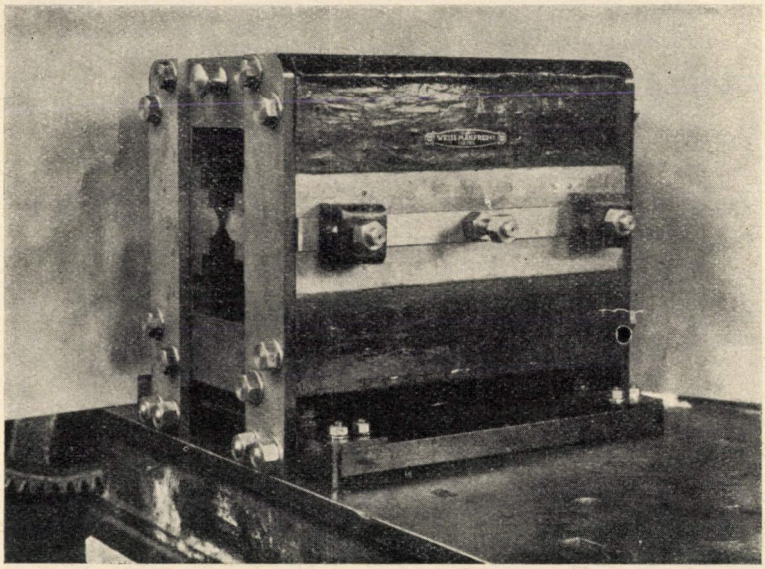


3. ábra.

tűntek, a rács reflexióképessége (és ezáltal fényereje) jelentősen megnövekedett.

Az Intézet nagyteljesítményű elektromágnesét FERENC IMRE okl. gépészmérnök, műegyetemi tanársegéd tervezte. Tekintettel a mágnes céljára, a tervezésnél a főszempont az volt, hogy aránylag kis keresztmetszetű, de minél hosszabb darabon homogén mágneses teret lehessen előállítani. Ezt a célt a vastest és a pólussaruk különleges kialakításával sikerült elérni. A vastest a köpenytranszformátorok analógiájára készült és a tekercseket

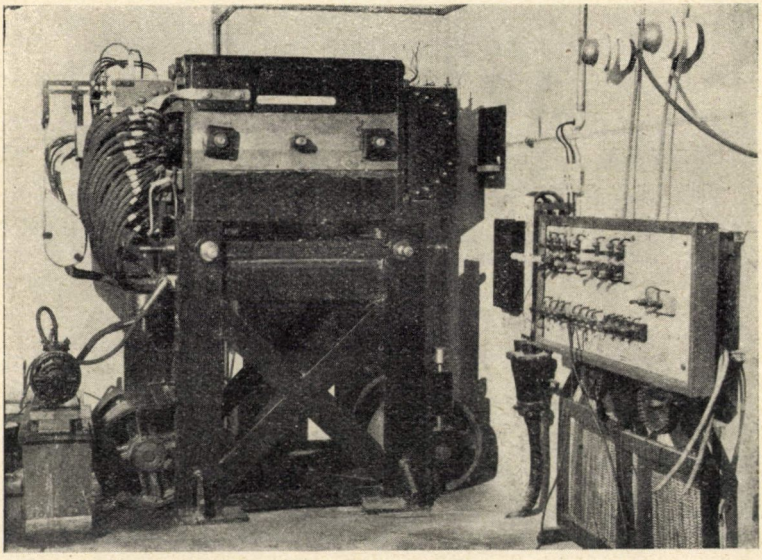
teljesen körülfogja. Ezáltal a szórt mező a minimumra csökkent és az erővonalak túlnyomó része a pólusok közötti légrésen keresztül záródik. A 3. ábra a mágnes keresztmetszetét adja. A különleges, jól mágnesezhető öntöttvasból készült A vastestben a B pólusok, melyek lapos hasábalakúak és egymás felé eső végük trapéz keresztmetszetű, vízszintes irányban elmozdíthatóan vannak elhelyezve. A pólusok közelítése, illetőleg távolítása a C kengyeleken felfekvő D csavarok segítségével történik. A tekercsek (E) a pólusokat fogják körül. Összesen 400 menetből állanak; az egyes menetszálak 7×7 mm külső, 3·6×3·6 mm belső keresztmetszetű üreges vörösrézhuzalok, melyek 400 Ampère terhelést bírnak. Maximális terhelésnél tehát az Ampère-menetek száma 400×400 = 160,000. A szálakon hűtővíz áramlik keresztül; elektromos áram szempontjából valamennyi szál sorba van kapcsolva, hűtővíz szempontjából pedig — gumicsövek segítségével — párhuzamosan. Teljes terhelésnél a szükséges hűtővíz mennyisége 1 l/sec, melynek cirkuláltatásához kb. 2·5 atmoszféra túlnyomás



4. ábra.

szükséges. A korrozió elkerülése céljából hűtővíznek desztillált vizet kell használni. A 4. ábra a mágnestestet a tekercsek beszerelése előtt, az 5. és 6. már a laboratóriumban felállítva ábrázolja.

Az előzetes számítások szerint a maximális 400 Amp. terterhelésnél és mersékelt pólustávolságok esetén a mágnes által létesített tér kb. 40,000 Gauss. A 400 Amp. be- és kikapcsolásához, valamint a hűtés biztosításához szükséges komplikált be-



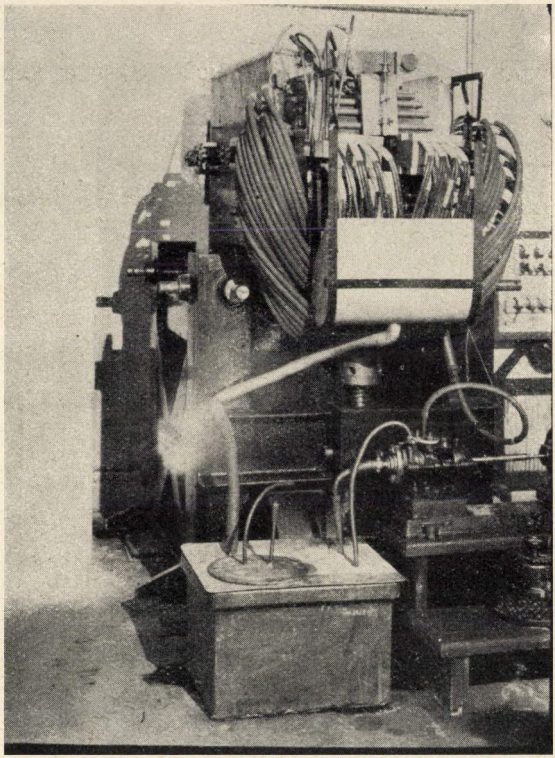
5. ábra.

rendezések azonban még nem készültek el, úgyhogy ez eddig nem volt ellenőrizhető. 66 Amp. terhelésnél azonban a tér már 26,000 Gauss volt. A felvett mágnesezési görbe (7. ábra) azonban azt mutatja, hogy ennél a terhelésnél a telítődés még korántsem következett be, így a maximális 40,000 Gauss elérése valószínű.

A mágneses térerősség mérése a szokott módon, bizmuthspirális segítségével történt. Viszont próbatekercs és ballisztikus galvanometer segítségével vizsgálva a tér homogenitását a

hosszanti (az erővonalakra merőleges) irányban, a mérések azt mutatták, hogy a térerősség a pólusok között mintegy 78 cm hosszú darabon 0·5%-on belül állandó.

A mágnes pólusai között 12 mm külső átmérőjű, 1 mm falvastagságú vörösrézcsövet helyeztünk el oly módon, hogy egész

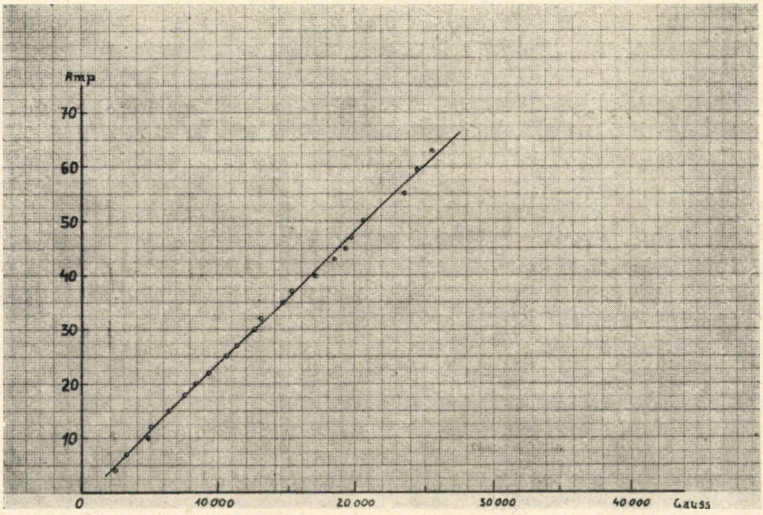


6. ábra.

hosszában a homogén mágneses térbe került (8. ábra). A cső két végét 15 mm átmérőjű, 2 mm vastag gumitömítésű üveg-ablakok zárták le. Oxigénnel való megtöltése a «Hydroxygén» gyári oxigén-palackokból történt, maximálisan 15 atmoszféra nyomáson. Ennél magasabb nyomás mellett a mágneses kép vonalai már erősen elmosódtak. Az átvilágításra wolframszálas izzólámpa szolgált, mint folytonos spektrumú fényforrás, mely

10 Volt mellett 25 Ampèret vett fel. A felvételek 8 óra ~ 6 nap megvilágítási idők mellett ILFORD INFRARED-lemezzel készültek.

Már az első felvételek azt mutatták, hogy rendkívül zavarólag hat a fényforrás-rács, illetve a rács-fényképlemez közötti 12 m vastag légréteg oxigén-abszorpciója. Ezáltal ugyanis a térnélküli és a mágneses vonalak, ill. komponensek összekeveredve voltak csak lefényképezhetők. A térnélküli vonalak zavaró hatá-



7. ábra.

sának kiküszöbölésére 15 cm átmérőjű csövek készültek bádogból és kartonból. Ezeket a fény útjában a réstől a rácsig, illetőleg a rácstól a fényképező lemezig, lehetőleg mindenütt gázzáróan tömítve helyeztük el és folytonos áramban széndioxidot vagy nitrogént bocsátottunk át rajtuk. Ily módon sikerült a térnélküli vonalak abszorpcióját meglehetősen visszaszorítani és többé-kevésbé tisztán kivehető ZEEMAN-effektus képeket nyerni.

III. Az atmoszférikus oxigénsávok, mint láttuk, $^1\Sigma \leftarrow {}^3\Sigma$ átmenetet képeznek. Minthogy $^1\Sigma$-termnek ZEEMAN-effektusa nincs,[1]

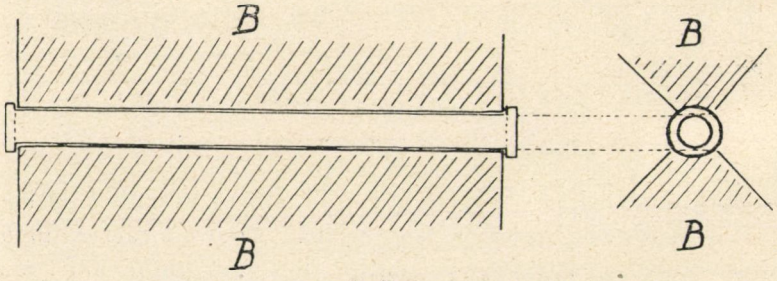
[1] L. pl. JEVONS: Report on Band Spectra of Diatomic Molecules, Cambridge, Univ. Press. 1932., p. 253.

a mágneses képnek közvetlenül a $^3\Sigma$ felbontását kell adnia. A várható effektus az elmélet szerint a következő:

Ha a $^3\Sigma$-nívó saját (külső mágnestérnélküli) multiplicitásától eltekintünk, tulajdonkép a HUND-féle tiszta *b)* esettel állunk szemben. CRAWFORD-nak a kétatomos molekulatermek ZEEMAN-jelenségeiről szóló összefoglalása szerint ilyenkor alkalmazást nyerhet a

$$\Delta W = \left[\frac{M_K \Lambda^2}{K(K+1)} + 2M_S\right] \Delta\nu_{\text{norm}}$$

formula,[1] ahol ΔW az egyes mágneses termkomponenseknek a külső térnélküli termértéktől való eltérését jelenti cm^{-1}-ben, K, M_K és M_S a rotációs, illetve mágneses kvantumszámok, $\Delta\nu_{\text{norm}}$ pedig az ismeretes LORENTZ-egység: $\Delta\nu_{\text{norm}}(\text{cm}^{-1}) = 4{\cdot}7.10^{-5}H$ (GAUSS), Λ a molekula elektronhéján összegeződő impulzusnyomatékok eredőjének az internukleáris tengely irányában vett vetülete $\frac{h}{2\pi}$ egységben kifejezve; Σ-termeknél ez utóbbi zérus és így, tekintettel arra, hogy M_S triplett-termeknél — ahol S



8. ábra.

(az elektronhéjon összegeződő eredő spinre jellemző kvantumszám) értéke 1, — csupán a -1, 0, $+1$ értékeket veheti fel, a triplett Σ-term mágneses térben a $-2\Delta\nu_{\text{norm}}$, 0, $+2\Delta\nu_{\text{norm}}$ kölcsönös távolságokkal jellemzett, tulajdonkép a normális ZEEMAN-triplett kétszeres komponenstávolságában megjelenő mágneses

[1] F. H. CRAWFORD, Rev. Mod. Phys. **6**, 90, 1934. l. a 10. képletet.

triplett-termbe megy át, a rotációs kvantumszámtól függetlenül. (Teljes PASCHEN—BACK-effektus.)

Ha ellenben a $^3\Sigma$-term már külső mágneses tér nélkül is el nem hanyagolható multiplicitással bír, amely multiplicitás még a K rotációs kvantumszám függvénye is, a mágneses tér befolyása alatt jóval bonyolultabb felbomlási képhez jutunk. Erre az esetre az irodalomban nem találunk sem elméleti. sem kísérleti adatokat. Míg a jelen vizsgálat a feladat kísérleti tanulmányozását tűzte ki célul, addig a problémát elméleti oldaláról BUDÓ (ugyancsak az Intézet munkatársa) az alábbiakban tárgyalja.[1]

Az általános $^3\Sigma$-term esetében a különböző kölcsönhatásokat mint perturbációkat véve tekintetbe, célszerű a HUND-féle *b* esetből kiindulni. A számbaveendő kölcsönhatások:

1. Az egyes individuális elektronspinek kölcsönhatása egymással.

2. A rotáció és a rezultáns spin közti kölcsönhatás.

3. A mágneses tér és a rezultáns spin közti kölcsönhatás.

Az 1. kölcsönhatás KRAMERS[2] szerint $2\varepsilon\,[3(\vec{S}, \mathfrak{n})^2 - \vec{S}^2]$ alakú, ahol $\vec{S}$ az eredő spin, $\mathfrak{n}$ a molekulatengely irányában fekvő egységvektor. Az ezen kölcsönhatásnak megfelelő matrixelemek megállapításánál figyelembevesszük HILL és VAN VLECK-nek, ugyancsak a *b)* esetben $(\vec{S}, \vec{\Lambda})$-ra vonatkozó számításait.[3] Most az ottani $\vec{\Lambda}_x$, $\vec{\Lambda}_y$, $\vec{\Lambda}_z$-t úgy kell normálnunk, hogy a molekulatengelyre eső vetülete Λ-nak 1 legyen, azután Λ helyébe K-nak a tengelyre való vetületét, azaz 0-t kell tennünk. Ezeket elvégezve kapjuk $(\vec{S}, \vec{\mathfrak{n}})$-re a K kivételével valamennyi kvantumszámban diagonális matrixot:

---

[1] BUDÓ ÁGOSTON úr lekötelező szívességéért, mellyel megengedte volt, hogy nyomtatásban még meg nem jelent dolgozatának eredményeit a jelen vizsgálat céljaira felhasználhassam, ezúton is hálás köszönetet mondok.

[2] ZS. f. Phys. **53**, 422, 1929.

[3] Phys. Rev. **32**, 250, 1928.

$$\begin{vmatrix} 0 & \sqrt{\frac{J}{2J+1}} & 0 \\ \sqrt{\frac{J}{2J+1}} & 0 & \sqrt{\frac{J+1}{2J+1}} \\ 0 & \sqrt{\frac{J+1}{2J+1}} & 0 \end{vmatrix}$$

Az 1. kölcsönhatásnak megfelelő matrix lesz ezután:

$$\left(H_1(J, K, J, K')\right) = 2\varepsilon \begin{vmatrix} -\frac{J+2}{2J+1} & 0 & 3\sqrt{\frac{J(J+1)}{(2J+1)^2}} \\ 0 & 1 & 0 \\ 3\sqrt{\frac{J(J+1)}{(2J+1)^2}} & 0 & -\frac{J-1}{2J+1} \end{vmatrix} \quad (1)$$

A 2. kölcsönhatás $\gamma(\vec{K}, \vec{S})$, s így a H_2 matrix a következő diagonális elemekkel bír:

$$H_2(J, K, J, K) = \frac{\gamma}{2}[J(J+1) - K(K+1) - S(S+1)]. \quad (2)$$

A 3. kölcsönhatás $2\Delta\nu_n S_z$ alakú, az ennek megfelelő matrixelemek Hill egyik munkájából megkaphatók:[1]

$$\left(H_3(J, K;\ J'K)\right) = 2\Delta\nu_n.$$

$$\begin{vmatrix} \frac{M}{K+1} & \sqrt{\frac{K[(K+1)^2-M^2]}{(K+1)^2(2K+1)}} & 0 \\ \sqrt{\frac{K[(K+1)^2-M^2]}{(K+1)^2(2K+1)}} & \frac{M}{K(K+1)} & \sqrt{\frac{(K+1)(K^2-M^2)}{K^2(2K+1)}} \\ 0 & \sqrt{\frac{(K+1)(K^2-M^2)}{K^2(2K+1)}} & -\frac{M}{K} \end{vmatrix} \quad (3)$$

A teljes perturbációs matrix, $H_1+H_2+H_3$, J-ben is, K-ban is nemdiagonális elemekkel bír, úgyhogy a perturbációszámítás csak két lépésben végezhető el. Mielőtt erre rátérnénk, H_1-ről szólunk pár szót. Ha

[1] Phys. Rev. **34**, 1507, 1929.

$$H_0 = B\begin{pmatrix}(J+1)(J+2) & 0 & 0\\ 0 & J(J+1) & 0\\ 0 & 0 & (J-1)J\end{pmatrix}, \tag{4}$$

úgy H_0+H_1 sajátértékei, másszóval egy megadott J-hez tartozó energiák (a 2. és 3. kölcsönhatásoktól egyelőre eltekintve) lesznek:

$$\begin{aligned} W_{K=J+1} &= B\left\{J(J+1)+1-\frac{\varepsilon}{B}+\left[(2J+1)^2+9\frac{\varepsilon^2}{B^2}-6\frac{\varepsilon}{B}\right]^{1/2}\right\}\\ W_{K=J} &= B\left\{J(J+1)+2\frac{\varepsilon}{B}\right\} \qquad (5)\\ W_{K=J-1} &= B\left\{J(J+1)+1-\frac{\varepsilon}{B}-\left[(2J+1)^2+9\frac{\varepsilon^2}{B^2}-6\frac{\varepsilon}{B}\right]^{1/2}\right\} \end{aligned}$$

Ezek az energiák ugyanazok, mint amelyeket SCHLAPP[1] az a esetből kiindulva kapott. Ha a gyökkifejezések sorbafejtésében $\left(\frac{\varepsilon}{B}\right)^2$ az $\left(\frac{\varepsilon}{B}\right)$-hez képest elhanyagolható, a fenti kifejezések ugyanazok, mint H_0+H_1 diagonális elemei, vagyis J helyébe rendre $K-1$, K, $K+1$-et írva:

$$BK(K+1)-\varepsilon\frac{2K+2}{2K-1},\quad BK(K+1)+2\varepsilon,\quad BK(K+1)-\varepsilon\frac{2K}{2K+3},$$

ezek pedig nem mások, mint a KRAMERS által kapott energiakifejezések. Ugyanabban a közelítésben tehát, amelyben a KRAMERS-

---

[1] Phys. Rev. **39**, 806, 1932. (Gl. (6)). — Az a esetben — amikor is $\vec{S}$-nek a molekulatengelyre vonatkozó Σ vetülete kvantumozva van — az 1. kölcsönhatás igen egyszerűen számbavehető:

$$H_1^a = 2\varepsilon\begin{pmatrix}1 & -0 & 0\\ 0 & -2 & 0\\ 0 & 0 & 1\end{pmatrix}$$

Ha ezt a H_1^a-t azzal a S matrixszal transzformáljuk ($SH_1^aS^{-1}$-et képezzük), amely a $^3\Sigma$-term energiafüggvényét (l. VAN VLECK, Phys. Rev. **33**, 467 1929. (31) és (32)) a b esetbe (l. (4)) viszi át, ezen az úton is az (1) alatti matrixot kapjuk, aminek megjegyzésével a fentemlített megegyezés nyilvánvalóvá válik.

féle formulák érvényesek, a K-ban nemdiagonális matrixelemek elhanyagolhatók, s így egy meghatározott K-hoz tartozó három energiaérték a következő egyenletből adódik:

$$0=\begin{vmatrix} -\varepsilon\frac{2K}{2K+3}+\gamma K+\delta\frac{M}{K+1}-W & \delta\left[\frac{K[(K+1)^2-M^2]}{(K+1)(2K+1)}\right]^{1/2} & 0 \\ \delta\left[\frac{K[(K+1)^2-M^2]}{(K+1)^2(2K+1)}\right]^{1/2} & 2\varepsilon-\gamma+\delta\frac{M}{K(K+1)}-W & \delta\left[\frac{(K+1)(K^2-M^2)}{K^2(2K+1)}\right]^{1/2} \\ 0 & \delta\left[\frac{(K+1)(K^2-M^2)}{K^2(2K+1)}\right]^{1/2} & -\varepsilon\frac{2K+2}{2K-1}-\gamma(K+1)-\delta\frac{M}{K}-W \end{vmatrix} \tag{6}$$

ahol $\delta=2J\nu_n$ (rövidség okából).

Ha az energiát az ugyanazon K-hoz tartozó triplett $J=K$ komponensétől számítjuk és a térnélküli triplettfelbontás nagyságát a ν_0, ν_{13} hullámszámokkal jellemezzük:

$$\begin{aligned} W_{J=K+1}-W_{J=K}&=\nu_0+\nu_{13}\\ W_{J=K-1}-W_{J=K}&=\nu_0-\nu_{13}, \end{aligned} \tag{7}$$

akkor (6) lesz

$$\begin{aligned} W^3-2\nu_0W^2-\left[\delta^2-\nu_0^2-\delta\nu_0\frac{M}{K(K+1)}+\nu_{13}^2\right]W+\\ +\delta\left[\delta\nu_0\left(1-\frac{M^2}{K(K+1)}\right)+\delta\nu_{13}\frac{1}{2K+1}\left(1+\frac{M^2}{K(K+1)}\right)+\right.\\ \left.+(\nu_{13}^2-\nu_0^2)\frac{M}{K(K+1)}\right]=0. \end{aligned} \tag{8}$$

Ezen egyenlet gyökei számára egyszerű explicit kifejezéseket csak az $M=\pm(K+1)$, $M=\pm K$ esetben kapunk, mint (6)-ból látható. Ha azonban - mint sok esetben — ν_{13} ν_0-hoz képest elhanyagolható, (8) gyökei $M=0$, $\pm K$, $\pm K+1$-nél lesznek:

$M=0$	$\frac{1}{2}[\nu_0+\sqrt{\nu_0^2+4\delta^2}]$	ν_0	$\frac{1}{2}[\nu_0-\sqrt{\nu_0^2+4\delta^2}]$
$M=K$	$\frac{1}{2}\left[\nu_0+\delta+\sqrt{(\nu_0+\delta)^2-4\frac{\nu_0\delta}{K+1}}\right]$	$\frac{1}{2}\left[\nu_0+\delta-\sqrt{(\nu_0+\delta)^2-4\frac{\nu_0\delta}{K+1}}\right]$	—
$M=-K$	—	$\frac{1}{2}\left[\nu_0-\delta+\sqrt{(\nu_0-\delta)^2+\frac{4\nu_0\delta}{K+1}}\right]$	$\frac{1}{2}\left[\nu_0-\delta-\sqrt{(\nu_0-\delta)^2+4\frac{\nu_0\delta}{K+1}}\right]$
$M=K+1$	$\nu_0+\delta$	—	—
$M=-(K+1)$	—	—	$\nu_0-\delta$

A négyzetgyökök pozitívoknak veendők. A három oszlop rendre $M_S=+1$, 0, -1-nek felel meg, mint az $\delta \gg \nu_0$ esetében közvetlenül látható.

Minden M-re az exakt formulák igen komplikáltak, az alábbi formulák azonban általában kielégítő közelítések:

$$W_{+1} = \frac{1}{2}\left[\nu_0 + \sqrt{\nu_0^2 + 4\delta^2 + 4\nu_0\delta\,\frac{M(M-1)}{K(K+1)}}\right]$$

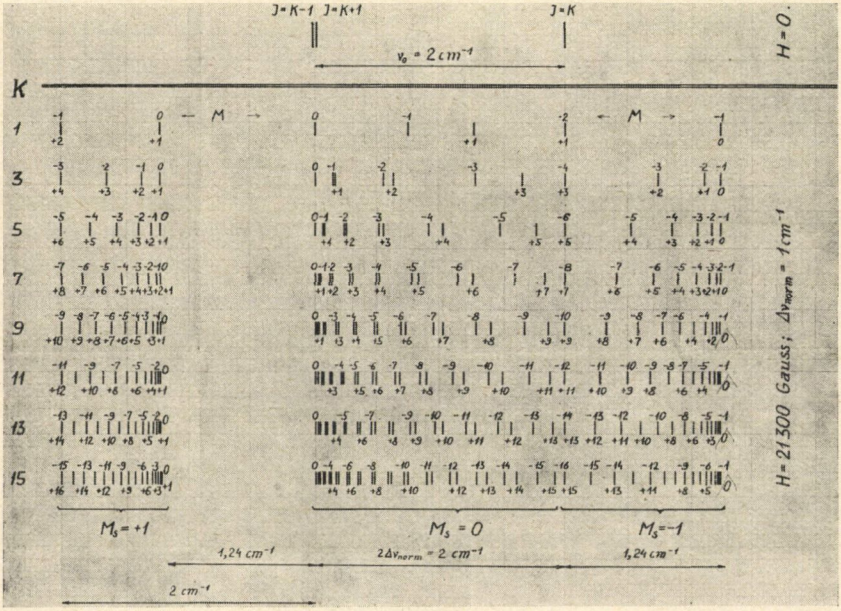
$$W_{-1} = \nu_0 - \frac{1}{2}\left[\sqrt{\nu_0^2 + 4\delta^2 + 4\nu_0\delta\,\frac{M(M-1)}{K(K+1)}} - \right.$$

$$\left. - \sqrt{\nu_0^2 + 4\delta^2 - 4\nu_0\delta\,\frac{M(M+1)}{K(K+1)}}\right]$$

$$W_0 = \frac{1}{2}\left[\nu_0 - \sqrt{\nu_0^2 + 4\delta^2 - 4\nu_0\delta\,\frac{M(M+1)}{K(K+1)}}\right].$$

Szemléltetőbb képet nyerünk a $^3\Sigma$-term ZEEMAN-jelenségéről, ha azt például az oxigén-molekula alapállapotára érvényes esetben (amit — a valóságtól csak alig számbajövő eltéréssel — úgy idealizálunk, hogy $|\nu_0|$-t pontosan 2 cm^{-1}-nek veszünk fel, továbbá a szokásos laboratóriumi mágneses térerősségeket idealizálva feltesszük, hogy $\Delta\nu_{norm} = 1\ cm^{-1}$, ami $\frac{1}{4{\cdot}7} \cdot 10^5 = 21{,}400$ GAUSS valóságos térerősség feltételezésének felelne meg) grafikusan ábrázoljuk. A 9. ábrán, mivel az O_2 alapállapotán a magok szimmetriája és zérus magspin miatt csak a páratlan K-rotációs kvantumszámhoz tartozó termek bírnak realitással, csak ezeket tüntettük fel és csupán $K = 15$-ig, tekintetbe véve, hogy az ennél magasabb rotációs kvantumszámú állapotok közönséges hőmérsékletű oxigéngázban már csak jóval kisebb koncentrációban fordulnak elő az $e^{-\frac{BK(K+1)}{kT}}$ BOLTZMAN-eloszlás értelmében. Az ábra legfelső sora tünteti fel a külső mágnestér nélküli (idealizált) termstrukturát: a három $^3\Sigma$-triplettkomponens közül

a $J = K \pm 1$-hez tartozók — amelyeket tehát az atomspektrumok analógiája miatt a két szélső triplettkomponensnek szoktunk nevezni — e speciális esetben szorosan összeesnek minden K-ra, míg a $J=K$ komponens — a közönséges értelemben vett «középső» komponens, jelen esetben tőlük a nagyobb hullámszám felé, K-tól ugyancsak függetlenül 2 cm^{-1}-re fekszik.



9. ábra.

A 9. ábra — tekintettel arra, hogy mint említettük, a $^1\Sigma$-term a külső mágneses tér hatására nem bomlik fel — az atmoszférikus oxigén sávvonalak ZEEMAN-effektusát is ábrázolhatja, ha meggondoljuk — mivel $^3\Sigma$-term e sávok végállapota — hogy a nagyobb frekvenciák felé eső ZEEMAN-termkomponensek a vörös spektrálvidék irányába eső ZEEMAN-vonalkomponensekkel és megfordítva, egyenértékűek. Azonban a valóságos színkép és 9. ábra által nyujtott elméleti kép lényegesen eltérnek egymás-

tól, elsősorban a tényleges színképvonalak egyáltalában nem elhanyagolható vastagsága miatt. A közönséges levegőben például, a jelen kísérletnél alkalmazott viszonyok között a külső tér nélküli oxigénsávvonalaknak átlagos vastagsága mintegy 0·08 mm, ami a fényképezőlemezen kb. 0·1 ÅNGSTRÖM-egységnek, azaz kb. 0·18 cm^{-1}-nek felel meg a 7660 Å körüli spektrálvidéken. Mint látható, az elméleti ZEEMAN-komponensek kölcsönös távolsága már $K=5-7$-nél is kisebb ennél, ami egyenértékű azzal, hogy a valóságban nem az egyes komponensek, hanem csupán az azoknak helyére eső mintegy 0·2 cm^{-1} szélességű frekvenciaintervallumok egymást fedő részéből összeadódó intenzitáseloszlásnak megfelelő burkoló-görbék maximumának tájékán — mely természetszerűleg a legerősebben fedett területre fog esni — fogunk észlelhető ZEEMAN-komponensekre találni. A 9. ábrára való egyszerű rátekintés tanúsága szerint a térnélküli tripletten kívül eső komponensekből származhatik a legintenzívebb ZEEMAN-komponens a nagyobb komponenssűrűség miatt. Mint a 2. ábrán láttuk, a $J=K$ emeletekre épülnek fel a P és R ágak — ezeknek a vörös felé eső mágneses komponense lesz intenzív, addig a $J=K\pm1$ emeleten felépülő ${}^{R}Q$ és ${}^{P}Q$ ágaknál megfordítva, az ibolya felé eső ZEEMAN-kompenensek lesznek intenzívek. Sőt azt is megállapíthatjuk, hogy ez utóbbiaknál a komponensek súlypontja messzebb fog esni a térnélküli vonaltól, mint ugyanolyan térerősségnél a P, illetve R-ből származó komponensek (l. a 2. ábra alsó részén megjelölt távolságokat.) Mint az 1. ábra mutatta, a sávoknak a vörös felé tartó végén a P és ${}^{P}Q$ ágak jellegzetes dubletteket alkotnak. És pedig a vörös felé esik a $P(K)$, tőle a fej, azaz az ibolya felé a ${}^{P}Q(K-1)$. Itt tehát azt kell várnunk, hogy a dublettkomponensek külső oldalán (P-nél a vörös, a ${}^{P}Q$-nál az ibolya felé) jelenjenek meg az első mágneses komponensek.

Sajnos, az abszorpciós színképfelvételek reprodukció céljára nem igen alkalmasak, azonban az eredeti negatívokon, megfelelő megvilágításban vizsgálva azokat, tisztán felismerhetők a P és R-sávvonalaktól a vörös, illetve ${}^{P}Q$ és ${}^{R}Q$-vonalaktól a valamivel még gyöngébb és az ibolya felé eső, kissé messzebb

került ZEEMAN-komponensek, úgyhogy tehát az egyezés a tapasztalat és az elmélet között jónak mondható.

A különféle térerősségek, szimmetrikusan változtatott nyomás és többféle expoziciós idő mellett készült felvételek egybevetése még azt is mutatja, hogy a komponenseknek a térnélküli vonalaktól való távolsága, valamint élessége a K-rotációs kvantumszámmal bizonyos törvényszerű alakulást mutat. Úgy tűnik, hogy a távolság minimumot, az élesség pedig maximumot mutat a $K=7$-vonalak környékén. E jelenség valószínű okát abban kell keresnünk, hogy a fenti levezetés az $O_2(^3\Sigma)$-term ν_0-alap felbontását K-tól függetlenül 2 cm^{-1}-nek, a $\nu_{1,3}$-felbontást pedig mindenütt zérusnak vette fel, ami azonban valójában csak $K=7$-nél igaz és így a $\nu_{1,3}$-multiplicitás még a mágneses komponens-távolsággal kölcsönhatásba kerül a tényleges abszorpciós ZEEMAN-színképen. Sőt megegyezik a tapasztalat az elméletileg várható eredménnyel abban is, hogy a ${}^PQ$ és ${}^RQ$-sávvonalak ibolya oldalán észlelhető ZEEMAN-komplexumok gyöngébbek, mint a P és R-ágak vonalainak vörösfelőli ZEEMAN-komponensei. Ugyanis, mint a 9. ábra mutatja, a $J=K\pm 1$-komponensek helyén két mágneses komplexum is keletkezik: az $M_S=0$-komponensek, amelyek a térnélküli vonal helyén adnak képet, és a már említett, ibolya felé eső komponensek, az $M_S=+1$-komplexumnak megfelelően. Így az egész intenzitás megoszlik. Ezzel szemben a $J=K$ térnélküli komponensekből csak az $M_S=-1$ ZEEMAN-komplexum keletkezik.

Összefoglalás.

Egy különleges szerkesztésű elektromágnes alkalmazásával sikerült lefényképezni az atmoszférikus oxigénsávok ZEEMAN-jelenségét. Az abszorpciós rétegvastagság szokatlan nagy, 80 cm volt és így a mágneses térben, a folytonos fény útjába helyezett O_2-molekulák száma (8—10 atmoszféra nyomás mellett) elegendő volt arra, hogy a mágneses térnek az O_2 ${}^1\Sigma\leftarrow{}^3\Sigma$-sávok vonalaira való befolyását, legjellemzőbb vonásaiban meg lehessen állapítani. E szerint a külső térnélküli ${}^3\Sigma$ «középső» $J=K$ triplettkomponensén felépülő P és R-ágbeli vonalaktól a vörös

felé, a $J \quad K \pm 1$-komponenseken felépülő ${}^{P}Q$ és ${}^{R}Q$-ágaktól pedig az ibolya felé, az előzőktől valamivel gyöngébb mágneses abszorpciós komplexumok jelennek meg és pedig a normális ZEEMAN-triplettfelbomlás egyszeresénél mindenesetre nagyobb távolságban az R és P-ágak vonalai esetében, míg a ${}^{P}Q$ és ${}^{R}Q$-ágbeli vonalaknál az a távolság valamivel még nagyobb, azonban a $2\Delta\nu_{\text{norm}}$-értéknél még itt is kisebb. Elméleti megfontolások, melyek számbaveszik az O_2-triplett-termeket létesítő elektronok individuális spinjeinek kölcsönhatását, továbbá az eredő spinnek és a molekula-rotációnak kölcsönhatását és végül a külső mágneses tér a rezultáns-spin közötti kölcsönhatását, bizonyos elhanyagolások és egyszerűsítő feltevések mellett lehetővé teszik a ${}^{3}\Sigma$-term ZEEMAN-effektusának kiszámítását. Az elméleti és kísérleti eredmények teljes összhangban állanak egymással, ha még tekintetbe vesszük, hogy egyrészt az elméleti termstruktura finom szerkezete, másrészt a sávvonalak természetes szélessége elsősorban a legsűrűbb termösszeeséseknek megfelelő helyen hoznak létre kiszélesedő abszorpciós vonalkomplexumokat.

*

Jelen dolgozat a Magyar Királyi József Nádor Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Fizikai Intézetében készült. Az Intézet felszerelését részben az Országos Természettudományi Tanács, részben a Széchenyi Tudományos Társaság támogatásának köszöni. A kísérleteknél alkalmazott konkávrács-felállítás nagyrészt a Magyar Tudományos Akadémia, az újrendszerű nagy elektromágnes pedig a Rockefeller-Alapítvány által nyujtott anyagiak felhasználásával épült.

Kedves kötelességemnek teszek eleget, amidőn dr. POGÁNY BÉLA műegyetemi ny. r. tanár úrnak, az intézet igazgatójának, dr. SCHMID REZSŐ egyetemi m. tanár úrnak, úgyszintén dr. GERŐ LORÁND műegyetemi tanársegéd úrnak hálás köszönetemet e helyt is kifejezem jóakaratú, szíves támogatásukért, mely egyedül tette lehetővé jelen dolgozat elkészítését. Legyen szabad továbbá a magyar gyáripar azon képviselőinek, akik a készülékek felépítése és üzemben tartásánál felmerült munkálatokat és anya-

gokat legtöbbször díjtalanul, vagy legfeljebb önköltségi áron végezték el, illetőleg bocsátották rendelkezésre, ezúton is köszönetet mondanom. A mágnes vastestének komplett elkészítését, valamint az üreges vezetékek húzását a csepeli Weiss Manfréd-cég, a szigetelőmunkát a Felten és Guilleaume-gyár, a tekercsek kialakítását és a vastesttel való összeépítését a Ganz-féle Villamossági R. T. végezték. A nagyteljesítményű wolfrámspirállámpát az Egyesült Izzólámpa és Villamossági R. T. «Tungsram» kutató laboratóriuma, a felhasznált gázokat a «Hydroxygén» Gázokat gyártó és Gázokat elválasztó R. T. szállította.

(A M. T. Akadémia III. osztályának 1936. okt. 12-én tartott üléséből.)

Mitteilung aus dem Physikalischen Institut der Königl. Ungarischen Universität für technische und Wirtschaftswissenschaften.

ÜBER DEN ZEEMAN-EFFEKT DER BANDENLINIEN DER ATMOSPHÄRISCHEN SAUERSTOFFBANDEN.

Von JOLANTHE M. ZEMPLÉN.

Absorptionsspektralaufnahmen der Bande bei 7660 Å wurden, unter Anwendung eines grossen Elektromagneten, der Schichtdicken von 80 cm Länge durchzuleuchten erlaubt, erhalten und diskutiert. Die theoretisch für eine Bande $^1\Sigma \leftarrow {}^3\Sigma$ [intermediate $a) \sim b$)] ableitbare Effekte sind tatsächlich zu beobachten. Die Arbeit wird vollinhaltlich in der Zeitschrift für Physik erscheinen.[1]

---

[1] Vergl. die vorläufige Mitteilung von R. SCHMID, Phys. Rev. **49**, 271, 1936.

(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften vom 12. Oktober 1936.)

AZ IONOK DEFORMÁCIÓJÁNAK KISZÁMÍTÁSA A WURTZITRÁCSBAN.

karai NEUGEBAUER TIBOR-tól.

Binér ionkristályokban a közvetlen szomszédoktól származó elektrosztatikus potenciálnak gömbfüggvények szerinti sorbafejtésében annál magasabb rendszámú gömbfüggvények faktorai tűnnek el, minél szimetrikusabb a rács. A wurtzittípusban, ha a tetraedereket szimmetrikusaknak tekintjük, az első el nem tűnő tag ezen sorbafejtésben a harmadik gömbfüggvénytől származik. Az ezen típusban kristályosodó anyagoknál azonban a tetraederek csak közelítőleg szimmetrikusak, ennek folytán az első és második gömbfüggvénytől származó tagok is fel fognak lépni kicsiny numerikus faktorokkal.

Mivel legújabban H. J. YEARIAN a *ZnO*-nak elektronsugarakkal való vizsgálatánál olyan anomaliákat talált, melyeket csak azon feltevéssel tudott megmagyarázni, hogy az elektronfelhők ebben a rácsban tényleg deformálva vannak, azért a jelen munka célja az elméletileg várható iondeformációk kiszámítása és ezeknek YEARIAN kísérleti adataival való összehasonlítása.

Az első gömbfüggvénytől származó tagok egy tényleges dipolusmomentumot indukálnak a kérdéses ionban. Ezen tagok kiszámítására először tekintetbe kell venni, hogy a wurtzitban a tetraedereket alkotó négy ion közül az egyik közelebb van tolva a centralis ionhoz, az ezen iont a centralis ionnal összekötő egyenest választjuk a polarkoordinátarendszerünk tengelyének, a másik három ion egyenlő távolságban marad, a tetraederszögek azonban el vannak torzulva. Ezen három egyenlő szomszédtól származó tagot (1) formula adja, melyhez járul a negyedik közelebb tolt szomszédion

potenciálja, melynek hatását egy dipolussal helyettesítjük (2). Végeredményben az első gömbfüggvénytől származó tagok összességét (3) szorozni kell $2\varrho\cos\vartheta$-val, osztani $h\bar{\nu}$-vel, ahol $\bar{\nu}$ a sajátfrekvenciák egy középértéke és azután integrálni az egész térre (4), hogy az induklát dipolusmomentumot kapjuk. A numerikus számítás eredménye (7) azt mutatja az oxigén esetében, hogy a számított deformáció nagyságrendje meg tudja magyarázni a mérési eredményeket. Hasonlóan ki lehet számítani a *Zn*-ion deformációját is, amely sokkal kisebb, mivel a Zn^{++} egy pozitív ion .Az elektronfelhők födése a rácsban azonban azt hozza magával, hogy az *O* deformációja a számítottnál kisebb, míg a *Zn*-é nagyobb lesz.

A második gömbfüggvénytől (és az első négyzetétől) származó tagok (12) már csak kvadrupolmomentumokat létesítenek. A három egyenlő szomszédtól származó tag (10) négy dipolusmomentumot indukál (15), melyek páronként egyenlők és ellenkező előjelűek, mivel azonban nem létesülnek ugyanazon a helyen, két kvadrupolmomentummá tevődnek össze. A negyedik szomszédion, melynél a potentiál megváltozását egy dipolus potenciáljával helyettesítettük, szintén négy olyan két kvadrupolmomentummá összetevődő dipolust indukál (16). Ezen deformációkat, melyek az indukált kvadrupolmomentumoknak felelnek meg, azonban már nem lehet a tapasztalattal összehasonlítani, mert az atomalakfaktorok (Atomformfaktor) csak gömbszimmetrikus töltéseloszlás esetére vannak kiszámítva. Indukált dipolusokat ezért még azon egyszerüsítő feltevés alapján lehet számítani, hogy az egész elektronfelhő a maghoz képest el van tolva, a kvadrupolmomentum tekintetbevétele ilyen módon azonban már nem lehetséges.

(A M. T. Akadémia III. osztályának 1936. október 12-én tartott üléséből.)

ÜBER DIE IONENDEFORMATION IM WURTZITGITTER.

Von TH. NEUGEBAUER in Budapest.

Es wird gezeigt, dass man mit Hilfe einer vom Verfasser angegebenen Methode zur Berechnung der Ionendeformationen im Kristallgitter die im Wurtzittyp infolge der Asymmetrie der Tetraeder auftretenden Momente berechnen kann. Die im Falle von Zinkit durchgeführte numerische Berechnung wird in grössenordnungsmässiger Übereinstimmung mit den aus Elektronenbeugungsversuchen hergeleiteten Werten von H. J. YEARIAN gefunden. Ausserdem werden Methoden zur Berechnung von induzierten höheren Momenten angegeben.

Wenn man bei Ionenkristallen das von den Nachbarionen herrührende Potential in der Umgebung eines Ions nach Kugelfunktionen entwickelt, so verschwinden in dieser Reihe die Faktoren von Kugelfunktionen desto höherer Ordnung, je symmetrischer das entsprechende Gitter gebaut ist.[1] Dementsprechend sind die Polarisationsenergien und die Deformationen der Elektronenhüllen desto kleiner. Für den Wurtzittyp folgt (l. c. S. 725 u. 726), dass das erste nichtverschwindende Glied in der Reihenentwicklung, solange man die Tetraeder in diesem Typ als undeformiert betrachtet, von der dritten Kugelfunktion herrührt. Sind dieselben aber nur angenähert symmetrisch, wie ja das bei den in diesem Typ kristallisierenden Stoffen der Fall ist, so werden auch die von der ersten und zweiten Kugelfunktion herrührenden Glieder mit kleinen numerischen Faktoren auftreten; dieselben wurden in der zitierten Arbeit nicht mehr berechnet.

Neuerdings hat H. J. YEARIAN[2] das Zinkit mit Elektronenstrahlen untersucht und hat dabei solche Intensitätsanomalien

---

[1] TH. NEUGEBAUER: Zeitschr. f. Phys. 95, 717, 1935. Im Folgenden als l. c. zitiert.

[2] H. J. YEARIAN: Phys. Rev. 48, 631, 1935.

der Difraktionsringe gefunden, die er nur mit Hilfe der Annahme erklären konnte, dass im *ZnO*-Gitter die Elektronenhüllen im Verhältnis zum Atomkern verschoben sind. Dieselbe Arbeit enthält auch Zahlenangaben über die Grösse der Verschiebungen, welche die Messungsergebnisse am besten erklären. In diesem Artikel wollen wir darum die Berechnung der vorher erwähnten von der ersten und zweiten Kugelfunktion herrührenden Glieder nachholen, und die numerischen Ergebnisse mit den experimentellen Werten von YEARIAN zu vergleichen. Bei der Rechnung gehen wir vom Ionenmodell aus, was in einer gewissen Näherung auch gerechtfertigt ist, weil das Zinkit ein durchsichtiger und salzartiger Stoff ist. Dafür spricht auch die verhältnismässig kleine Polarisierbarkeit des O^{--} Ions. Allerdings ist es schwer zu sagen, inwiefern hier ein Übergang zur diamantartigen Bindung vorliegt.

Im Zinkitgitter sind die Tetraeder derartig deformiert, dass das eine Nachbarion zum Zentralion näher gerückt ist und die anderen drei in gleicher Entfernung (nämlich 2,041 Å) vom Zentralion bleiben, die Tetraederwinkel sind aber deformiert. Das in der Symmetriachse liegende Ion ist nur 1,94 Å weit vom Zentralion entfernt. Für c/a erhält man im *ZnO*-Gitter 1,599 statt 1,633. Daraus folgt für $\beta=180°-\alpha$, wo α den Tetraederwinkel bedeutet, 73°18′40″ für die drei gleichwertigen Nachbaren, statt dem in einem regulären Tetraeder gültigen Wert 72°22′. Die Symmetriachse des deformierten Tetraeders wählen wir jetzt als Achse unseres Polarkoordinatensystems, dann folgt aus l. c. (17) für die drei gleichwertigen Nachbaren:

$$\Delta\sum P_1 = \Delta\sum_1^3 \cos\alpha_i = -3\cos\vartheta\sin\beta\Delta\beta. \tag{1}$$

Das Potential des vierten Nachbarions wollen wir so berücksichtigen, dass wir die Verrückung mit einem zusätzlichen Dipol ersetzen, welcher die Länge der Verrückung hat. Das Potential desselben schreiben wir dann:

$$\begin{aligned} V_D &= \frac{m}{\delta^2+\varrho^2-2\delta\varrho\cos(180°-\vartheta)} = \\ &= \frac{m}{\delta^2}\left[\sum_{n=0}^{\infty} P_n\left(\cos(180°-\vartheta)\right)\left(\frac{\varrho}{\delta}\right)^n\right]^2. \end{aligned} \tag{2}$$

Aus (1) und (2) folgt für die von der ersten Kugelfunktion herrührenden Glieder des Potentials:

$$V_{P_1} = -2e\left\{3\cos\vartheta\sin\beta\Delta\beta\frac{1}{\delta^2} + 2\cos\vartheta\Delta\delta\frac{1}{\delta^3}\right\}\varrho. \qquad (3)$$

Der Faktor 2 rührt von den doppelten Ionenladungen her und $\Delta\delta$ ist die Länge des Dipols, m ist also gleich $2e\Delta\delta$

Zur Berechnung des induzierten Dipolmomentes müssen wir jetzt (3) mit $2\varrho\cos\vartheta$ multiplizieren, $\varrho^2\cos^2\vartheta$ nach den Eigenfunktionen mitteln und dann noch mit einem entsprechenden Mittelwert von $h\nu$ dividieren,[1] also

$$\mu = \frac{4e}{h\bar{\nu}}\left\{3\sin\beta\Delta\beta\frac{1}{\delta^2} + 2\Delta\delta\frac{1}{\delta^3}\right\}\overline{\overline{\varrho^2\cos^2\vartheta}}. \qquad (4)$$

Da aber $\varrho^2\cos^2\vartheta$ und $h\bar{\nu}$ auch in der bekannten vereinfachten Formel der Polarisierbarkeit

$$\alpha = \frac{\overline{\overline{2\varrho^2\cos^2\vartheta}}}{h\bar{\nu}} \qquad (5)$$

vorkommt, so haben wir einfach:

$$\mu = 2\alpha e\left\{3\sin\beta\Delta\beta\frac{1}{\delta^2} + 2\Delta\delta\frac{1}{\delta^3}\right\}. \qquad (6)$$

Für α folgt aus den von L. PAULING[2] angegebenen Tabellen für O^{--}

$$\alpha = 3{,}89.10^{-24} CGS.$$

Aus der numerischen Berechnung von (6) erhalten wir also

$$\mu = 2{,}104.10^{-18} CGS. \qquad (7)$$

Für die Verschiebung der L Schale relativ zum Atomkern hat YEARIAN 0,04 Å gefunden. Aus (7) folgt für dieselbe Grösse, wenn

[1] Vgl. Z. B. P. GOMBÁS und TH. NEUGEBAUER: Zeitschr. f. Phys. 92, 375, 1934.

[2] L. PAULING: Proc. Roy. Soc. (A) 114, 181, 1927.

wir nach dem Ionenmodell annehmen, dass in der L Schale acht Elektronen sind und die Polarisierbarkeit vom O^{--} fast ausschliesslich nur von denen herrührt, 0,055 Å.[1] Der berechnete Wert ist also, wenn man die Schwierigkeiten der hier angewendeten Methode berücksichtigt, recht befriedigend. Es sei noch erwähnt, dass YEARIAN wegen Schwierigkeiten der Berechnung das Modell mit der Annahme vereinfacht hat, dass infolge der Deformationen im inhomogenen Felde die einzelnen Schalen bei Erhaltung der Kugelsymmetrie sich einfach als Ganze verschieben. Dementsprechend haben wir auch aus (7) die Deformation so berechnet, als ob die ganze Ladung der L Schale sich im Felde parallel verschieben würde. Diese Vereinfachung ist sicher nicht streng richtig, weil sich ja bei der Polarisation nur der äusserste und darum lockerste Teil der Elektronenwolke stark verschiebt. Doch könnte man die Resultate einer Berechnung, die auch diesen Tatbestand berücksichtigen würde, nicht mit der Erfahrung vergleichen.

Für die Verschiebung der L und M Schale vom Zn^{++} erhielt

---

[1] Ziel der vorliegenden Arbeit ist hauptsächlich zu zeigen, dass Ionendeformationen von der experimentell gefundenen Grössenordnung im Gitter nach der Theorie der Polarisationserscheinungen tatsächlich auftreten können. Die bei den Elektronenbeugungsversuchen erhaltenen Ergebnisse können jedenfalls durch verschiedene Kombinationen der einzelnen Deformationen der Elektronenwolken erklärt werden und es wäre schwierig zwischen den verschiedenen Möglichkeiten zu entscheiden; sehr wahrscheinlich ist es aber, dass die Elektronenwolken in der Weise deformiert werden, dass zwischen zwei miteinander gebundenen Ionen ein Ladungsüberschuss vorliegt, die Wolke des leichter deformierbaren Ions also jedenfalls in dieser Richtung deformiert wird. Auf diesen Fall beziehen sich unsere Rechnungen. Es sei noch erwähnt, dass man sehr leicht den Übergang zwischen Atombindung und Ionenmodell in unserem Gedankengang sehen kann. Im ersteren Falle werden besonders die Walenzelektronen des Zn teilweise zum O hinübergezogen, im letzteren dagegen verliert das Zn seine äusseren zwei Elektronen, die dann das O aufnimmt, das dadurch entstehende sehr lockere O-Ion wird dann vom Zn^{++} sehr stark deformiert, was anders ausgedrückt einem starken Zurückziehen der Ladungswolke zum Zn^{++} entspricht. Nach beiden Modellen wird also ein Teil der Ladungswolke der zwei ausserhalb einer abgeschlossenen Schale liegenden Valenzelektronen in Richtung des O-Atoms verschoben.

YEARIAN 0,01 und 0,04 Å. In diesem Falle ist der theoretisch berechnete Wert viel zu klein, weil die Polarisierbarkeit des Zn^{++} nur

$$a = 0{,}284.10^{-24} CGS. \tag{8}$$

ist. Daraus folgt, wenn wir auch annähmen, dass die ganze Polarisierbarkeit nur von der M Schale herrührt aus (6)

$$\mu = 0{,}153.10^{-18} CGS.$$

Daraus wurde für die Verschiebung der 3_2 Schale 0·0032 Å folgen. Dazu sei aber Folgendes bemerkt: Die hier abgeleiteten Verschiebungen haben wir nach dem extremen Ionenmodell berechnet, in Wirklichkeit wird jedenfalls ein Übergang zur homöopolaren Bindung vorhanden sein, die wir in einer gewissen Näherung so beschreiben können, dass die Elektronenwolken ineinander eindringen,[1] dabei wird die Wolke vom O^{--} verfestigt, die vom Zn^{++} dagegen infolge der eindringenden starken negativen Ladung gelockert, so dass schliesslich die Grösse der zwei Deformationen in einem gewissen Grade zueinander näher gebracht wird, was ganz in Richtung unserer Erwartung liegt. Anderseits ist es ja auch möglich, dass ein wenig andere Werte, wie die von YEARIAN angegebenen, die von ihm gefundene Intensitätsanomalie erklären könnten.

Die von den übrigen Kugelfunktionen herrührenden Glieder der Polarisationsenergie verursachen, mehr keine weitere Zunahme des induzierten Dipolmomentes weil

$$\int_0^{\pi} P_1 P_n dx = 0, \text{ wenn } \quad n \neq 1 \tag{9}$$

ist. Höhere Momente haben aber auch die zur Folge, woraus man auf die Deformationen der Ionen weitere Schlüsse ziehen kann. Aus l. c. (17) folgt für die von der zweiten Kugelfunktion herrührenden Glieder der drei gleichwertigen Nachbaren:

$$\Delta \sum_1^3 P_2(\cos a_i) = \sqrt{2}\{1 - 3\cos^2 \vartheta\}\, \Delta\beta,$$

wo wir

$$\cos\beta = \frac{1}{3} \quad \text{und} \quad \sin\beta = \frac{2\sqrt{2}}{3} \tag{10}$$

[1] TH. NEUGEBAUER: Zeitschr. f. Phys. 94, 655, 1935.

eingesetzt haben. Aus (2) folgt dagegen für das mit ρ^2 proportionale Glied

$$2e\Delta\delta\left\{2P_2(\cos\vartheta)+P_1^2(\cos\vartheta)\right\}\frac{\varrho^2}{\delta^4} \tag{11}$$

und daher

$$\begin{aligned} V_{P_2} &= 2e\sqrt{2}\left\{1-3\cos^2\vartheta\right\}\Delta\beta\frac{\varrho^2}{\delta^3}+ \\ &+2e\left\{2P_2(\cos\vartheta)+P_1^2(\cos\vartheta)\right\}\Delta\delta\frac{\varrho^2}{\delta^4}. \end{aligned} \tag{12}$$

Wenn wir dieses Potential mit $2\rho\cos\vartheta$ multiplizieren und dann nach $\sin\vartheta\,d\vartheta$ von 0 bis π integrieren, so folgt selbstverständlich Null, wenn wir aber die Integration nur auf Teilgebiete ausdehnen, so folgen endliche Dipolmomente, deren Summe im Gebiete von 0 bis π verschwindet; dieselben fallen aber geometrisch nicht zusammen und geben darum zu höheren Momenten Anlass. Aus dem ersten Glied von (12) multipliziert mit $\cos\vartheta$ folgen z. B. vier Momente, wenn man als Grenzen der Integration

$$\cos\vartheta=0,\quad \pm\sqrt{\frac{1}{3}}\quad\text{und}\quad\pm 1 \tag{13}$$

wählt. Zur weiteren Berechnung dieser Momente benützen wir Slatersche Eigenfunktionen.[1] $h\bar{\nu}$ erhalten wir aus (5), wenn wir dort den Zähler mit Hilfe dieser Eigenfunktionen numerisch berechnen. Daraus folgt also für das erste von (12) herrührende Glied des Momentes:

$$\begin{aligned} \mu = \frac{2\sqrt{2}}{2\delta^3}\,\frac{e^3\Delta\beta}{h\bar{\nu}}\int_{\alpha_1}^{\alpha_2}(1-3\cos^2\vartheta)\cos\vartheta\sin d\vartheta \\ \cdot\int_0^{\infty}|\psi(\varrho)|^2\varrho^3 4\pi\varrho^2 d\varrho. \end{aligned} \tag{14}$$

Aus der numerischen Berechnung folgt im Falle des O^{--} für die vier erwähnten Momente :

[1] J. C. Slater: Phys. Rev. 36, 57, 1930.

$$\text{von } \cos\vartheta = -1 \quad \text{bis} \quad -\frac{1}{3} \qquad \mu_1 = \quad 0{,}1187.10^{-18}$$

$$\text{von } \cos\vartheta = -\frac{1}{3} \quad \text{bis} \quad 0 \qquad \mu_2 = -0{,}0297.10^{-18}$$

und ähnlich (15)

$$\mu_3 = \quad 0{,}0297.10^{-18}$$

und

$$\mu_4 = -0{,}1187.10^{-18}\ CGS.$$

Die Grenzen der Dipole im zweiten Gliede von (12) liegen bei $\cos\vartheta = 0, \pm\frac{1}{2}$ und ± 1. Daraus folgen analog vier Dipolmomente,

$$0{,}1582,\ -0{,}0296,\ +0{,}0296 \text{ und } -0{,}1582\ .\ 10^{-18}\ CGS. \qquad (16)$$

Um die höheren Momente berechnen zu können, müssen wir noch diese Momente lokalisieren, was ohne weiteres möglich ist, da wir mit Hilfe der Eigenfunktionen, die Lage des entsprechenden elektrischen Schwerpunktes von diesem Teile der Ladungsvolke berech-nen können, deren Verschiebung das entsprechende Moment verursacht.[1] Noch einfacher kann man sich die Ladungdichte auf einer Kugelfläche verteilt vorstellen, die in Maximum der radialen Dichte liegt. Die Fläche derselben teilen wir dann einfach nach den oben angegebenen Werten von $\cos\vartheta$ auf. Wir wollen aber auf diese Rechnungen nicht weiter eingehen, weil noch keine Messungsergebnisse vorliegen, mit denen man dieselben vergleichen könnte.

Budapest, Institut f. theoret. Physik d. Universität,
Juli 1936.

[1] Vgl. hierzu TH. NEUGEBAUER: Zeitschr. f. Kristallographie. (A) 94, 349, 1936.

(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften vom 12. Okt. 1936.)

A VAN DER WAALS-ERŐK SZÁMÍTÁSA.

karai NEUGEBAUER TIBOR-tól.

Jelen dolgozat célja egy a VAN DER WAALS energia számítására a szerzőtől[1] megadott új formula segítségével nyert numerikus eredmények megbeszélése és a régebbi formulákkal, valamint a kísérleti eredményekkel való összehasonlítása.

Bevezetés. Mint ismeretes, a klasszikus fizika először úgy jutott el a VAN DER WAALS erők fogalmára, hogy a BOYLE-MARIOTTE és GAY-LUSSAC-féle egyesített állapotegyenlettől, vagy más néven CLAPEYRON-egyenletétől

$$pv = RT \tag{1}$$

talált eltérésekre magyarázatot keresett. Az előbbi képletnek az irodalomban megjelent igen sok általánosítása közül[2] tulajdonképen csak a VAN DER WAALS-tól származó vált be, mely a következő:

$$\left(p + \frac{a}{v^2}\right)(v-b) = RT. \tag{2}$$

A térfogatból kivont b konstans a molekulák vagy atomok véges kiterjedésétől származik és a mi további tárgyalásaink szempontjából érdektelen. Igen fontos azonban az a konstans. A kísérleti eredmények t. i. szükségessé tették, hogy a nyomáshoz még egy tag járuljon pozitív előjellel, mely a térfogat négyzetével fordítva arányos. Ennek a konstansnak a fellépte úgy magyarázható meg, hogy feltesszük, hogy a gáz elemi részei közt még egy kicsiny

---

[1] TH. NEUGEBAUER és P. GOMBÁS: Zeitschr. f. Phys. 89, 480, 1934.

[2] Pl. O. D. CHWOLSON: Lehrbuch der Physik. 2. kiadás. III/2. kötet, 332. o.

hatástávolságú vonzóerő is hat, mely ennélfogva a nyomást kisebbíti, mert az edény falába ütköző gázrészeket vissza akarja húzni a gáz belsejébe. Ezen elképzelés alapján a térfogat négyzetével való fordított arányosság is világos. Az ütközések száma egyrészt arányos a gáz sűrűségével, másrészt az egy részre ható vonzóerő is arányos lesz a részek számával és ez ismét a sűrűséggel arányos úgy, hogy végeredményben az egész hatás a sűrűség négyzetével egyenesen, illetve a térfogat négyzetével fordítva lesz arányos. Megjegyezzük még, hogy az a konstansban a vonzóerőn kívül még taszító erők is bennfoglaltatnak, melyek onnan származnak, hogy az ütköző gázrészek elektronfelhői egymásra PAULI-elve szerint taszítólag hatnak.

A modern fizika eredményei alapján azonban a VAN DER WAALS erőknek még egy sokkal fontosabb szerep jut a szilárd anyag felépítésénél. Tudjuk, hogy vannak olyan anyagok, mint pl. a fémek és a sók, melyek olvadáspontja több 100° C-szal fekszik a zéruspont fölött. Ezek az anyagok azok, melyek normális hőmérsékleten szilárdak és ennélfogva szükséges, hogy elemi részeik között olyan erős vonzóerők működjenek, melyeket a normális hőmérsékleten fellépő termikus mozgás nem tud széttépni. Így pl. a sókat főképen elektrosztatikus erők tartják össze. Az alkalihalogenideknél az alkalia lead és a halogén felvesz egy elektront, az így keletkezett pozitív és negatív ion azután egy elektrosztatikus erők által összetartott kristályrácsot épít fel. A fémeket összetartó erők részben elektrosztatikusak, részben speciális quantummechanikai, ú. n. kicserélődési erők.

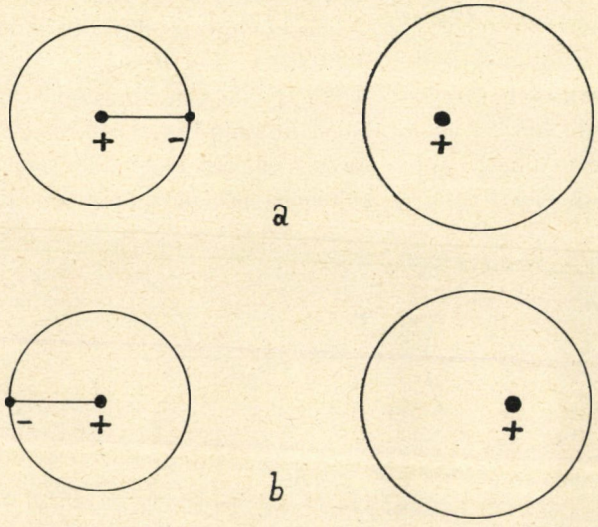
Egészen másképen áll azonban a helyzet egyrészt a normális hőmérsékleten gázalakú testeknél, mint pl. N_2, O_2, H_2, HCl, Cl_2, CH_4, stb. és hasonlóan egyes nagymolekulájú szerves anyagoknál, melyek ugyan nem gázalakúak, de a kristályrácsuk annyira gyenge, hogy már gyakran az emberi kéz melegétől megolvadnak vagy megpuhulnak. Mindezen anyagok kristályrácsát VAN DER WAALS-féle erők tartják össze. A kis molekulasúlyú anyagoknál a termikus mozgás olyan nagy, hogy ezek csak mesterségesen előállítható igen alacsony hőmérsékleten szilárdulnak meg, a nagyobb molekulasúlyúak éppen a molekuláik nehezebb mozgékonysága miatt lehetnek normális hőmérsékleten szilárdak, de mindig igen puha anya-

gok, melyek egy kis hevítésre megolvadnak, vagy már normális hőmérsékleten is erősen párolognak, pl. a naftalin. Mindezen anyagok az előbb említett magas hőfokon olvadóktól abban is különböznek, hogy az egyes rácspontokban nem atomok, vagy ionok, hanem egész molekulák vannak, melyeket azután a gyenge VAN DER WAALS erők tartanak össze. Más szóval, a normális hőmérsékleten szilárd és kemény és az ugyancsak ilyen hőmérsékleten gázalakú vagy puha és könnyen párolgó anyagok között a modern fizikai eredmények szerint nem fokozati, hanem lényegbeli különbség van, mert a kristályrácsaikat egészen más erők tartják össze. Megemlítjük még, hogy vannak olyan anyagok is, melyeket különböző irányokban különböző erők tartanak össze. A cellulose hosszú láncalakú molekuláit $((C_6 H_{10} O_5)_n$ pl. a hossztengelyük irányában kémiai vegyértékerők tartják össze, míg erre merőlegesen az egyes molekulákat egymáshoz csak VAN DER WAALS-féle erők kötik. Az élőlények testének felépítésében különben igen gyakori eset, hogy olyan irányban, melyben húzóerők léphetnek fel, hosszú láncalakú molekuláik vannak elhelyezve, úgyhogy a láncot összetartó vegyérték erők veszik fel a húzóerőket, míg erre merőlegesen, tehát olyan irányban, melyben számottevő erők nem lépnek fel, csak VAN DER WAALS erők tartják össze az egyes láncmolekulákat.

Mindezekből láthatjuk, hogy a VAN DER WAALS erők milyen elsőrendű fontosságot játszanak a szilárd testek egy igen nagy csoportjának a felépítésénél.

1. §. Klasszikus elgondolás szerint a VAN DER WAALS-féle kölcsönhatás két atom között a következőképen jön létre. (L. 1. ábra.) Az egyik atomban a pozitív töltésű mag és a keringő negatív elektron egy a térben gyorsan forgó dipólust képeznek. Ennek az elektromos tere polározza a szomszédos atomot. Igaz ugyan, hogy a dipólus tere, mivel ez a térben állandóan irányát változtatja, szintén állandóan előjelet vált és az időbeli középértéke eltűnik, ezért pl. egy meghatározott előjelű pólusra való hatása az időben ki is közepelődne. A polarizációs hatásnál azonban másképen áll a dolog. Az utóbbi jelenség t. i. abban áll, hogy egyrészt a tér hatására a polarizálható atomban egy dipólusmomentum indukálódik, amelyre most ismét hat az előbbi forgó dipólus tere, tehát ennek terében elektrosztatikus energiája lesz, amely végeredmény-

ben a térintenzitás négyzetével arányos. Ez az oka annak, hogy az időbeli középérték nem tűnik el. Megjegyzendő még, hogy nemcsak keringő elektronok létesítenek ilyen kölcsönhatásokat, hanem forgó molekulák is, melyeknek kész dipólmomentumuk van, sőt ilyen molekuláris dipólok is hatnak viszont a keringő elektronokra.



1. ábra. A VAN DER WAALS erők szemléltetése. A baloldali atomban a mag és a keringő elektron által létesített dipolus tere polározza a jobboldali atomot, illetőleg eltolja egy kissé az elektronfelhőt a maghoz képest.

Ennek alapján London[1] a VAN DER WAALS erőknek három fajtáját különbözteti meg:

1. A molekulák kész forgó dipólusmomentumai hatnak egymásra. Irányító effektus.

2. Egy molekula forgó dipólusa a keringő elektronok rendszerére hat egy másik atomnál vagy molekulánál és viszont. Indukciós vagy Debye effektus.

3. Egy atom (vagy molekula) keringő elektronjai hatnak az

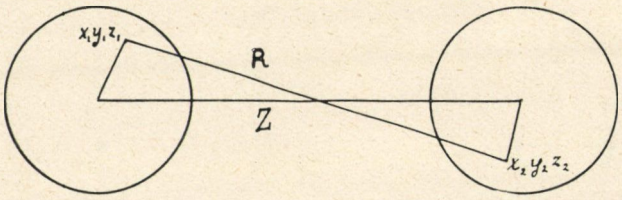
[1] F. LONDON: Zeitschr. f. Phys. 63, 245, 1930.

előbb tárgyalt módon egy másik atom (vagy molekula) keringő elektronjaira és viszont. Diszperziós effektus.

Az utóbbi effektus játssza az anyag felépítésében a legfontosabb szerepet és a következőkben csak ezzel fogunk foglalkozni.

A régi (Bohr-féle) kvantumelmélet szerint tulajdonképen csak két hidrogénatom ilyen kölcsönhatását lehetett volna kiszámítani, mert magasabb rendszámú elemeknél az elektronpályákat ezen elmélet szerint még csak közelítőleg is alig lehetett számítani, de ez már csak azért is kevéssé lenne érdekes, mert atomos hidrogéngáz a természetben egyáltalában nincsen.

A kvantummechanika szerint először is ki kell számítanunk a két atom elektronjainak kölcsönös potenciálját és ezt behelyet-



2. ábra.

tesítenünk a kvantummechanikai perturbáció elméletből levezetett formulába, mely az energiát adja második közelítésben. Egyszerűség okából tegyük fel, hogy mindkét atomnak csak egy elektronja van, melyek koordinátái $(x_1y_1z_1)$ és $(x_2y_2z_2)$ a két maghoz viszonyítva, melyeknek a távolságát jelöljük Z-vel (2. ábra).

Akkor tehát a két elektron távolsága:

$$R = \sqrt{(x_1+x_2)^2+(y_1+y_2)^2+(Z+z_1+z_2)^2}. \qquad (3)$$

Mivel elektrosztatikus kölcsönhatásokról van szó, R-nek a reciprokját képezzük és azt sorbafejtjük a binomiális tétel szerint, tekintetbe véve, hogy $x_1y_1z_1$ és $x_2y_2z_2$ Z-hez képest kicsinyek. Tehát

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{Z\sqrt{\left(\frac{x_1+x_2}{Z}\right)^2+\left(\frac{y_1+y_2}{Z}\right)^2+\left(\frac{z_1+z_2}{Z}\right)^2+1+2\frac{z_1+z_2}{Z}}} \qquad (4)$$

és sorbafejtve:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{Z}\left\{1 - \frac{1}{2}\left[\left(\frac{x_1+x_2}{Z}\right)^2 + \left(\frac{y_1+y_2}{Z}\right)^2 + \left(\frac{z_1+z_2}{Z}\right)^2 + \right.\right. \\ \left.\left. + \frac{2(z_1+z_2)}{Z}\right] + \frac{\frac{1}{2}\cdot\frac{3}{2}}{2}\cdot\frac{4(z_1+z_2)^2}{Z^2}\cdots\right\} \tag{5}$$

A VAN DER WAALS energia szempontjából (5)-nek csak azon tagjai bírnak jelentőséggel, melyekben két elektronkoordinátának a szorzata szerepel, a többi csak a töltések elektrosztatikus kölcsönhatását és a közönséges polarizációs energiát tartalmazza. Jelöljük tehát a jelen tárgyalás szempontjából fontos tagokat V-vel. Akkor (5)-ből következik, hogy

$$V = -\frac{x_1x_2+y_1y_2-2z_1z_2}{Z^3}. \tag{6}$$

Ezt kell tehát a perturbációs energia képletébe helyettesítenünk. Ha a két atomnak, melyeknek kölcsönhatását számítjuk, több elektronja van, akkor egyszerűen csak minden a két atom közti elektronpárra összegeznünk kell ilyen (6) alakú tagokat.

A kvantummechanika szerint a perturbációs energia második közelítésben a következő :

$$W_2 = -\sum_{s'}{}' \frac{H_1(ss')\,H_1(s's)}{h\nu(s's)}, \tag{7}$$

ahol

$$H_1 = \int_0^\infty \psi_s V \psi_s^* d\tau. \tag{8}$$

V jelenti a perturbációt, a ψ-k az illető rendszer sajátfüggvényei, az s-ek a kvantumszámok összességét jelentik, h a Planck-féle állandó és $\nu(s's)$ az $s' \rightarrow s$ kvantumátmenethez tartozó frekvencia. Jelen esetben tehát V helyébe (6)-ot helyettesítjük be. Mivel rendszerünk két atomból áll, nulladik közelítésben a ψ sajátfüggvény ezen két atom sajátfüggvényeinek a szorzata, tehát

$$\psi = \varphi \cdot \chi \tag{9}$$

ahol ismét a φ és a χ mint az egyes elektronok sajátfüggvényeinek szorzata állítható elő, ha elhanyagoljuk PAULI elvét, különben még permutálnunk kellene az egyes elektronok koordinátáit a szorzatokban és azután ezekből egy antiszimmetrikus linearkombinációt képeznünk, de ez minket itt most nem érdekel. A legalsó állapot kvantumszáma helyett egyszerűen 0-át írunk, míg a futó s kvantumszámot megfelelően a két atomból álló rendszernek m és n kvantumszámokra bontjuk fel, melyekre tehát összegeznünk kell (7)-ben. Ha még bevezetjük a következő jelölést

$$\int_0^\infty \varphi_0 x_1 \varphi_m^* d\tau = x_1(om) \tag{10}$$

és hasonlókat a többi fellépő integrálra, akkor (7)-be (6)-ot behelyettesítve és tekintetbe véve a bevezetett jelöléseket, kapjuk:

$$W_W = -\frac{1}{R^6} \sum_{m,n}{}' \frac{[x_1(om)\,x_2(on) + y_1(om)\,y_2(on) - 2z_1(om)\,z_2(on)]^2}{h\,[\nu(mo) + \nu(no)]}. \tag{11}$$

A négyzetreemelésnél a bilinearis tagok azonban mind kiesnek, mivel a sajátfüggvények mindig úgy választhatók, hogy x_1, y_1 és z_1 ugyanazon átmenethez tartozó matrixelemei közül csak az egyik ne tűnjön el. Tehát

$$W_W = -\frac{1}{R^6} \sum_{m,n}{}' \frac{|x_1(om)|^2 . |x_2(on)|^2 + |y_1(om)|^2 . |y_2(on)|^2 + 4|z_1(om)|^2 . z_2(on)|^2}{h\,[\nu(mo) + \nu(no)]}, \tag{12}$$

amit — tekintetbe véve, hogy a három koordinátairány egymással ekvivalens — még a következőképen is írhatunk:

$$W_W = -\frac{6}{R^6} \sum_{m,n}{}' \frac{|z_1(om)|^2 . |z_2(on)|^2}{h\,[\nu(mo) + \nu(no)]}. \tag{13}$$

A VAN DER WAALS energiát tehát pontosan kiszámíthatnánk, ha a két atom vagy ion sajátértékei és sajátfüggvényei mind ismeretesek lennének. Mivel azonban ezek csak hidrogénatomok esetében adhatók meg pontosan, azért a VAN DER WAALS kölcsönhatás

is csak ezen esetben ismeretes. WANGnak[1] egy hozzávetőleges számítása után EISENSCHITZ és LONDON[2] számították két H atom ilyen kölcsönhatását. Eredményük a következő:

$$W = \frac{6{\cdot}47}{R^6} \tag{14}$$

HARTREE-féle vagyis atomi egységekben.[3] (Ezen egységekben a töltés egysége az elektrontöltése $= 4{\cdot}77.10^{-10}$ el. stat. egység, hosszúságegység a BOHR-féle első hidrogénradiusz $a_H = 0{\cdot}5283.10^{-8}$ cm, az energia egysége ebben a rendszerben e^2/a_H). A következőkben minden numerikus értéket ilyen egységekben fogunk megadni, azonkívül a mindig fellépő negatív jelet is elhagyjuk, mivel mindig vonzásról van szó.

Amint említettük, a hidrogén csak mint kétatomos gáz ismeretes, még a szilárd hidrogénben is az egyes rácspontokon molekulák vannak és azért (14) formula a tapasztalattal nem is hasonlítható össze. Ilyen szempontból csak sok elektronnal bíró atomok és molekulák jöhetnek számba. Gázok esetében elsősorban a nemesgázok, melyeknek gömbszimmetrikus atomjaik vannak, hasonlóan azután az ionkristályok gömbszimmetrikus nemesgázszerű ionjai, továbbá a többatomos gázok molekulái úgy gáz, mint VAN DER WAALS erők által összetartott kristályrács formájában. Mindezen esetekben azonban a (13)-ban szereplő mennyiségeket még csak közelítőleg sem igen tudjuk kiszámítani, különösen a sajátfüggvények gerjesztett állapotban egyáltalában nem ismeretesek. Evvel szemben elég jól ki tudjuk számítani atomok vagy ionok töltéseloszlását, tehát a sajátfüggvényt is az alapállapotban, még igen sok elektronból álló rendszerek esetében is, különösen HARTREE vagy még egyszerűbben THOMAS és FERMI módszere alapján. Ezért célszerű (13) formulát olyan módon átalakítani, hogy a benne szereplő mennyiségek ezen töltéseloszlás segítségével kiszámíthatók legyenek.

2. §. A legegyszerűbb átalakítást LONDON végezte. A közön-

[1] S. C. WANG: Phys. Zeitschr. 28, 663, 1927.

[2] R. EISENSCHITZ u. F. LONDON: Zeitschr. f. Phys. 60, 491, 1930.

[3] L. pl. GEIGER—SCHEEL: Handbuch der Physik. 2. kiadás, XXIV/1. kötet. Berlin, 1933. BETHE cikke.

séges homogén térben vett polarizálhatóság képlete a két atomra vonatkozólag, melyeknek VAN DER WAALS kölcsönhatását keressük, a következő:

$$a_1 = \sum_m{}' \frac{2\,|\,z_1(om)|^2}{h\nu(mo)} \tag{15a}$$

és

$$a_2 = \sum_n{}' \frac{2\,|\,z_2(on)\,|^2}{h\nu(no)}. \tag{15b}$$

LONDON a (15*a*) és (15*b*) nevezőjében szereplő változó frekvenciák helyett egy középértéket vezet be, melyet egyszerűen az ionizációs energiával tesz egyenlővé, tehát

$$a_1 = \frac{2\sum_m{}'\,|\,z_1(om)\,|^2}{h\nu_1} \tag{16a}$$

és

$$a_2 = \frac{2\sum_n{}'\,|\,z_1(on)\,|^2}{h\nu_2}. \tag{16b}$$

Hasonlóan vezethető le egy közelítő formula (13)-ból:

$$W = \frac{6}{R^6}\,\frac{\sum_{m,n}|\,z_1(om)|^2.\,|\,z_2(on)\,|^2}{h\{\nu_1+\nu_2\}}. \tag{17}$$

(16*a*), (16*b*) és (17)-ből kapjuk a LONDON-féle közelítő formulát[1] a VAN DER WAALS energia számítására:

$$W = \frac{1}{R^6}\,\frac{3}{2}\,\frac{h\nu_1\nu_2 a_1 a_2}{\nu_1+\nu_2}. \tag{18}$$

Mivel a polarizálhatóságok is, és az ionizációsi energiák is tapasztalati úton meghatározhatók, minden (18)-ban szereplő mennyiség ismeretes. A képlet használhatóságát azonban nagyon csökkenti az a körülmény, hogy az ionizációs energia nem mindig jó középértéke a pontos képletekben szereplő energiakülönbségnek. Atomok esetében ugyan általában nem nagyok az eltérések, ionok esetében azonban — amint látni fogjuk — gyakran igen jelentősek.

[1] F. LONDON: Zeitschr. f. phys. Chem. (B) 11, 222, 1931.

Egy egészen más gondolatmenet segítségével vezettek le egy képletet SLATER és KIRKWOOD,[1] majd KIRKWOOD[2] még tovább tökéletesítette az eredményt, mely ebben az alakban a következő:

$$W = \frac{1}{R^6}\,\frac{8}{9}\,\frac{E_0\left[\overline{\Sigma r_1^2}\right]^2\cdot\left[\overline{\Sigma r_2^2}\right]^2}{N_1\,\overline{\Sigma r_1^2} + N_2\overline{\Sigma r_2^2}}, \tag{19}$$

ahol E_0 a hidrogén ionizációs energiáját és N_1 és N_2 az atomok vagy ionok elektronjainak a számát jelentik. $\overline{\Sigma r_1^2}$ és $\overline{\Sigma r_1^2}$ jelentése a következő:

$$\overline{\Sigma r_1^2} = \int_0^\infty \varphi_0 \Sigma r_1^2 \varphi_0^\star d\tau \tag{20a}$$

és

$$\overline{\Sigma r_2^2} = \int_0^\infty \chi_0 \Sigma r_2^2 \chi_0^\star d\tau. \tag{20b}$$

χ_0 és φ_0 az illető atomok sajátfüggvényeit jelentik az alapállapotban és a szummák az összes elektronra vonatkoznak. (20*a*) és (20*b*) tehát teljesen kiszámíthatók, ha ismerjük az előbb említett módszerek szerint a töltéseloszlást az alapállapotban.

KIRKWOOD közelítő formulája tehát csak az atomra vonatkozó azon ismeretünket használja ki, hogy meg tudjuk adni az atom (vagy ion) töltéseloszlását az alapállapotban, míg LONDONÉ a polarizálhatóságok tapasztalati ismeretére van felépítve, lehetséges azonban egy olyan formulát levezetnünk, melyben mindkét előbb említett mennyiség előfordul. A bevezetésben említett formula, amint mindjárt látni fogjuk, ezen gondolatmenetre van felépítve. Ezen célból vezessük be (15*a*) és (15*b*)-be a nevezőkben szereplő sajátfrekvenciák, illetőleg energiakülönbségek helyett középértékeket, melyeket $h\bar{\nu}_1$-el és $h\bar{\nu}_2$-vel jelölünk. Tehát

$$a_1 = \frac{2\sum_m |z_1(om)|^2}{h\bar{\nu}_1} \tag{21a}$$

és

$$a_2 = \frac{2\sum_n |z_2(on)|^2}{h\bar{\nu}_2}. \tag{21b}$$

---

[1] J. C. SLATER és J. G. KIRKWOOD: Phys. Rev. 37, 682, 1931.

[2] J. G. KIRKWOOD: Phys. Zeitschr. 33, 57, 1932.

A számlálóban szereplő mennyiségeket az ismert matrixelméleti összefüggés

$$\sum_{l}' A(ol)\,A(lo) = A^2(oo) - |A(oo)|^2 \tag{22}$$

alapján a következőképen alakíthatjuk át :

$$a_1 = \frac{2z_1^2(oo)}{h\bar{\nu}_1} \tag{23a}$$

és

$$a_2 = \frac{2z_2^2(oo)}{h\bar{\nu}_2}. \tag{23b}$$

A (22) jobboldalán álló második tag a jelen esetben a kiválasztási szabályok folytán eltűnik. Mivel azonban mind a három koordinátairány egymással ekvivalens, (23*a*) és (23*b*), még a következőképen is írható:

$$a_1 = \frac{\frac{2}{3}r_1^2(oo)}{h\bar{\nu}_2} \tag{24a}$$

és

$$a_2 = \frac{\frac{2}{3}r_2^2(oo)}{h\bar{\nu}_2}. \tag{24b}$$

A számlálóban szereplő mennyiségeket mármost, ha a töltéseloszlás az alapállapotban ismeretes, akár a HARTREE, akár a THOMAS-FERMI módszer segítségével könnyen kiszámíthatjuk. Jelöljük két koncentrikus és egymástól dr távolságra levő két gömb közti töltést az egyik atomnál $f_1(r)\,dr$.-rel, akkor

$$r_1^2(oo) = \int_0^\infty r^2 f_1(r)\,dr. \tag{25}$$

Mivel tehát a számlálók kiszámíthatók, a polarizálhatóságokat pedig empírikusan ismerjük, ezen adatokból (24*a*) és (24*b*) segítségével $h\bar{\nu}_1$ és $h\bar{\nu}_2$ kiszámítható. Egészen hasonló átalakítást végezhetünk (13)-ban:

$$W = \frac{1}{R^6}\,\frac{2}{3}\,\frac{r_1^2(oo)\,r_2^2(oo)}{h\,[\bar{\nu}_1+\bar{\nu}_2]} = \frac{6}{R^6}\,\frac{z_1^2(oo).z_2^2(oo)}{h\,[\bar{\nu}_1+\bar{\nu}_2]}. \tag{26}$$

Ezen formulából a VAN DER WAALS kölcsönhatás kiszámítható, mert a számlálóban szereplő mennyiségek (25) alapján kiszámíthatók, a nevezőbe pedig a (24*a*) és (24*b*)-ből kiszámított középértéket helyettesítjük be. Amint látható, ezen formula levezetésénél úgy a polarizálhatóságok empírikus ismeretét, mint a töltéseloszlásnak az alapállapotban való kiszámíthatóságát felhasználtuk, miért is várható, hogy az előbbi két formulával szemben jobb eredményeket fog szolgáltatni.

Ha két azonos atom vagy ion kölcsönhatásáról van szó, akkor formuláink még tovább egyszerűsödnek. Még pedig a következőképen: LONDONÉ (18)

$$W = \frac{1}{R^6} \frac{3}{4} h\nu a^2, \tag{27}$$

KIRKWOODÉ (19)

$$W = \frac{1}{R^6} \frac{4}{9} \frac{E_0 \left[\overline{\Sigma r^2}\right]^3}{N} \tag{28}$$

és az itt tárgyalt új formula (26)

$$W = \frac{1}{R^6} \frac{1}{3} \frac{[r^2(oo)]^2}{h\bar{\nu}} = \frac{1}{R^6} \frac{3\,|\,z^2(oo)\,|^2}{h\bar{\nu}}. \tag{29}$$

3. §. A három közelítő formula által szolgáltatott numerikus eredményeket először két hidrogénatom kölcsönhatása esetében akarjuk egymással összehasonlítani, mert ezen esetben a pontos formulával kiszámított eredmény (14) is ismeretes, mellyel közelítő formuláink eredményeit mindjárt összehasonlíthatjuk. LONDON formulájában szereplő $h\nu$ most egyszerűen a H ionizációs energiája, mely atomi egységekben épen 0·5. A H-atom polarizálhatósága pedig ugyancsak ezen egységekben 4·525. (*C. G. S.* egységekben ebből úgy kapjuk a polarizálhatóságot, hogy a_H^3-nal vagyis $0{\cdot}1473.10^{-24}$ nel szorzunk, mivel a polarizálhatóság dimenziója $[L]^3$.)

Ezen adatokat LONDON képletébe téve kapjuk:

$$W = \frac{7{\cdot}677}{R^6} \tag{30}$$

amely eredmény (14)-nél 19%-kal nagyobb.

KIRKWOOD formulájában előforduló $\overline{\Sigma r^2}$ mennyiséget a H atom sajátfüggvényei segítségével határozzuk meg.

Mivel az alapállapotban, mely egy $1s$ állapot

$$\psi = 2e^{-r}, \tag{31}$$

tehát

$$r^2(oo) = \overline{r^2} = 4\int_0^\infty e^{-2r} r^4 dr = 4\frac{4!}{2^5} = 3. \tag{32}$$

E_0 atomi egységekben ismét 0·5 és N hidrogénnél egyenlő egygyel. Tehát KIRKWOOD képlete szerint:

$$W = \frac{6}{R^6}, \tag{33}$$

mely eredmény (14)-től 7·3%-kal tér el.

A (29)-ben szereplő $r^2(00)$ mennyiséget már előbb (32) kiszámítottuk, ennek segítségével $h\bar{\nu}$-t is kiszámíthatjuk az ismert polarizálhatóság segítségével. Hasonlóan (24)hez

$$\alpha = \frac{\frac{2}{3} r^2(oo)}{h\bar{\nu}}. \tag{34}$$

α előbb megadott értékéből tehát $h\bar{\nu} = 0{\cdot}4417$-nek adódik. Végül tehát a (29)-ből számított numerikus érték a következő:

$$W = \frac{6{\cdot}792}{R^6}, \tag{35}$$

tehát (14)-től csak 4·9%-kal tér el.

4. §. A számítások még igen könnyen keresztülvihetők két *He* atom kölcsönhatása esetében is, mert a *He* sajátfüggvényei HYLLERAAS[1] számításai alapján jó közelítésben ismeretesek. A *He* polarizálhatósága atomi egységekben

$$\alpha_{He} = 1{\cdot}373$$

és ionizációs energiája 24·47 e-Volt = 0,9043 atomi egység. A $\overline{\Sigma r^2}$ kiszámítására HYLLERAAS sajátfüggvényeit használjuk fel. Szerinte az alapállapotban

$$\psi = e^{-\frac{27}{16}r} \tag{36}$$

normirozás nélkül.

[1] E. A. HYLLERAAS: Zeitschr. f. Phys. 54, 347, 1929.

Ebből a normirozási faktor:

$$\int_0^\infty e^{-\frac{27}{8}r} r^2 dr = 2\left(\frac{8}{27}\right)^3, \tag{37}$$

tehát

$$r^2(oo) = \overline{\Sigma r^2} = \overline{2r^2} = 2\frac{1}{2}\left(\frac{27}{8}\right)^3 \int_0^\infty e^{-\frac{27}{8}r} r^4 dr = \\ = 24\left(\frac{8}{27}\right)^2 = 2{\cdot}1072. \tag{38}$$

Ezen adatok segítségével mind a három képlet kiszámítható. Az eredmények a következők:

$$\text{London:} \quad \frac{1{\cdot}278}{R^6}, \tag{39}$$

$$\text{Kirkwood:} \quad \frac{2{\cdot}083}{R^6}, \tag{40}$$

$$(29): \quad \frac{1{\cdot}149}{R^6}. \tag{41}$$

Kirkwood formulája kétségkívül túlnagy eredményt szolgáltat.

5. §. A van der Waals energia még igen fontos szerepet játszik az ionkristályok felépítésében is. A kötés főrészét ugyan az ionok elektrosztatikus vonzása teszi ki, melynek a Fermi-taszítás hat ellen, de csak ezen erők számbavétele általában 10%-kal túl nagy rácsállandót eredményez. A további kontrakcióért a van der Waals-féle és polarizációs erők felelősek. Az ebben a munkában megbeszélt három formulából számított numerikus eredményeket a sylvinkristály (*KCl*) esetében akarjuk egymással összehasonlítani, mert ezen anyagnál a rácsenergia többi része is ki van számítva.[1] Mivel a sylvin a kősótípusban kristályosodik, a két ellenkező előjelű ion tehát a K^+ és Cl^- van der Waals kölcsönhatása fogja a főszerepet játszani, e mellett azonban az azonos ionok hatásai, tehát a K^+—K^+ és a Cl^-—Cl^- kölcsönhatások is jelentősek, mert az elemi kocka lapjainak átlói mentén hatnak. Az utóbbi

[1] Th. Neugebauer és P. Gombás: Zeitschr. f. Phys. 89, 480, 1934; Th. Neugebauer: Zeitschr. f. Phys. 90, 693, 1934 és 100, 534, 1936.

energiák számítására (27), (28) és (29) formulákat használjuk, az előbbiekre azonban (18), (19) és (26)-ot kell használnunk.

A tapasztalatból vett és a számítás keresztülviteléhez szükséges numerikus adatok a következők:

A polarizálhatóságok[1]

$$\text{és} \quad \begin{aligned} \alpha_{Cl^-} &= 3{\cdot}66.10^{-24} C.G.S. = 24{\cdot}85 \text{ atomi egység} \\ \alpha_{K^+} &= 0{\cdot}88.10^{-24} C.G.S. = 5{\cdot}98 \text{ atomi egység.} \end{aligned} \tag{42}$$

Az ionizációs energiák

$$\text{és} \quad \begin{aligned} J_{Cl^-} &= 6{\cdot}0.10^{-12} \text{ erg} = 0{\cdot}139 e^2/a_H \\ J_{K^+} &= 50.10^{-12} \text{ erg} = 1{\cdot}161 e^2/a_H \end{aligned} \tag{43}$$

ahol a Cl^- ionizációs energiája alatt az elektronaffinitási energiát értjük.

$\overline{\Sigma r^2}$-ot a HARTREE-féle táblázatokból[2] integráltuk ki numerikusan. A számítás eredménye Cl^- esetében 46·404 és K^+-nél 15·365 atomi egységekben.

Mindezen adatok segítségével LONDON formulája a következő eredményeket adja:

$$\text{és} \quad \begin{aligned} W_{Cl^- - K^+} &= \frac{27{\cdot}70}{R^6}, \\ W_{Cl^- - Cl^-} &= \frac{64{\cdot}51}{R^6} \\ W_{K^+ - K^+} &= \frac{30{\cdot}11}{R^6}. \end{aligned} \tag{44}$$

KIRKWOODé pedig:

$$\text{és} \quad \begin{aligned} W_{Cl^- - K^+} &= \frac{203{\cdot}26}{R^6}, \\ W_{Cl^- - Cl^-} &= \frac{1233{\cdot}67}{R^6} \\ W_{K^+ - K^+} &= \frac{44{\cdot}79}{R^6}. \end{aligned} \tag{45}$$

---

[1] Az ebben a munkában használt polarizálhatóságokat mind az L. PAULING-tól megadott táblázatból vettük. (Proc. Roy. Soc. (A) 114, 181, 1927.)

[2] D. R. HARTREE: Proc. Roy. Soc. London (A) 141, 282, 1933 és 143, 506, 1934.

Evvel szemben (26) és (29) formulák a következő numerikus eredményekre vezetnek:

$$W_{Cl^- - K^+} = -\frac{160{\cdot}28}{R^6},$$

$$W_{Cl^- - Cl^-} = -\frac{575{\cdot}28}{R^6} \qquad (46)$$

és

$$W_{K^+ - K^+} = -\frac{45{\cdot}80}{R^6}.$$

Amint látjuk, LONDON képlete szerint a $K^+ - K^+$ kölcsönhatás nagyobb lenne, mint a $Cl^- - K^+$ kölcsönhatás, ami fizikai szempontból rendkívül valószínűtlen, mivel a Cl^--nak igen kiterjedt és laza elektronfelhője kétségkívül sokkal nagyobb vonzást fog eredményezni, mint a K^+-nak a fölös pozitív töltés miatt erősen összehúzott felhője. Ezenkívül igen valószínűtlen, hogy a $Cl^- - Cl^-$ kölcsönhatás csak körülbelül a kétszerese legyen a $K^+ - K^+$ kölcsönhatásnak, mivel az előbbi ionok polarizálhatósága több mint négyszerese a K^+ ionok polarizálhatóságának és azonkívül az energiákban mindig két ilyen ion kölcsönhatása szerepel. KIRKWOOD és a szerző formuláinak eredménye evvel szemben sokkal közelebb állnak egymáshoz. A $K^+ - K^+$ kölcsönhatás a két képlet szerint praktice ugyanaz és a $Cl^- - K^+$ kölcsönhatások sem különböznek jelentősen egymástól. Amint említettük, az ilyen kölcsönhatás játssza a főszerepet a kősótípusban kristályosodó binér anyagoknál. A $Cl^- - Cl^-$ kölcsönhatás különbözik a leginkább a két formula szerint egymástól és igen valószínű, hogy KIRKWOODé túl nagy. Ez abból is következik, hogy KIRKWOOD a formulája levezetésénél csak a $\overline{\Sigma r^2}$ ismeretét használta ki és éppen ez a Cl^- ion esetében fölös elektron miatt, melyet már nem a mag elektrosztatikus tere, hanem csak speciális kvantumelméleti erők kötnek, igen nagy. Az a körülmény, hogy LONDON formulája adja a leginkább eltérő eredményeket, főkép abban leli magyarázatát, hogy LONDON az ionizációs, ill. elektronaffinizási energiákat használja, melyek nem mindig tekinthetők a diszperziós formulákban bevezetett frekvenciaközépértékek jó közelítéseinek. A mi itt megbeszélt módszerünkkel számítva, ezek a középértékek a következők:

$$h\bar{\nu}_{Cl^-} = 53{\cdot}71.10^{-12} \text{ erg}$$
$$h\bar{\nu}_{K^+} = 73{\cdot}97.10^{-12} \text{ erg}. \tag{47}$$

Ha ezen adatokat (43)-mal összehasonlítjuk, akkor látjuk, hogy a K^+ ion esetében a közelítés még tűrhetően jó, de a Cl^- esetében teljesen rossz, amely körülmény onnan származik, hogy az elektronaffinitási energia a legkisebb nevező a diszperziós formulában szereplő összegben, mivel elektronaffinitási vonalas spektrum egyáltalában nincsen, hanem csak az elektron leválasztási energiáján túl levő kontinuum, ezért a középérték messze túl fekszik az elektronaffinitási energián.

BORN, MAYER és HELMHOLZ[1] a VAN DER WAALS energiáknak az egyes rácstípusokban való különböző voltára vezették vissza azt a körülményt, hogy az alkalihalogenidek egyik csoportja a kősótípusban, míg egy másik (három *Cs*-vegyület) a *Cs Cl*-típusban kristályosodik. Számításaikban az iontöltések elektrosztatikus kölcsönhatását a szokásos módon a MADELUNG-féle konstans segítségével vették figyelembe, míg a többi energiakomponenst a VAN DER WAALS-féle energia kivételével egy empírikus BORN-tól származó exponenciális függvény segítségével írták le. Természetesen ebben a VAN DER WAALS erőket is bele lehetett volna venni, de éppen a két rácstípus stabilitási kérdéseinek megvizsgálására kellett az utóbbi erőt kitüntetni. Az említett szerzők eredménye az volt, hogy tényleg meg lehetne magyarázni a két különböző rácstípus felléptét a különböző alkalihalogenideknél, ha a LONDON-féle formula alapján számított VAN DER WAALS-féle energiák nagyobbak lennének. Számításukban kimutatták, hogy azon egyszerű esetben, ha a LONDON formula eredményeit egyszerűen megduplázzák, tényleg kijön, hogy a *Cs Cl*-típusban kristályosodó alkalihalogenideknek ez a stabil rácsuk, míg e nélkül minden alkalihalogenid a kősótípusban lenne a legstabilabb. Az itt megbeszélt formula evvel szemben minden erőszakolt hipotézis nélkül egyszerűen csak az empírikus adatok jobb kihasználásával a LONDONénál jóval nagyobb eredményeket szolgáltat és ezért teljesen megmagyarázza a *Cs Cl*-típus felléptét egyes alkalihalogenid rácsokban.

[1] M. BORN és J. E. MAYER: Zeitschr. f. Phys. 75, 1, 1932 és J. E. MAYER és L. HELMHOLZ: Zeitschr. f. Phys. 75, 19, 1932.

6. §. Ha az illető atomok vagy molekulák, melyek egymással VAN DER WAALS kölcsönhatásban vannak, igen közel jönnek egymáshoz, akkor már nem elegendő az első közelítéssel számolnunk, mely a távolságnak hatodik hatványával fordítva arányos energiára vezet, hanem a sorbafejtés magasabb tagjait is tekintetbe kell vennünk. *H* atomok esetében a számítást MARGENAU[1] végezte el. Eredménye azonban közvetlenül általánosítható magasabb rendszámú atomokra és azon esetre is, melyben a két kölcsönhatásban lévő atom nem egyforma. Mi mindjárt ugyanazon közelítésben adjuk meg a magasabb tagokat, melyben az első tagot (26) is megadtuk.

$$W = \frac{1}{R^6}\,\frac{2}{3}\,\frac{r_1^2(oo)\,r_2^2(oo)}{h\,[\bar{\nu}_1+\bar{\nu}_2]} + \frac{1}{R^8}\,\frac{r_1^2(oo)\,r_2^4(oo)+r_2^2(oo)\,r_1^4(oo)}{h\,[\bar{\nu}_1+\bar{\nu}_2]} + \\ + \frac{1}{R^{10}}\,\frac{14}{5}\,\frac{r_1^4(oo)\,r_2^4(oo)}{h\,[\bar{\nu}_1+\bar{\nu}_2]}. \qquad (48)$$

Az első tag a jobboldalon éppen (26), a következő kettő a magasabb közelítéseket tartalmazza.

Megjegyezeük még, hogy kristályrácsban igen bajos ezen magasabb tagokat is tekintetbe venni, mert az ionok töltésfelhői a széleken fedik egymást és minél magasabb hatványát közepeljük *r*-nek, annál inkább az elektronfelhőnek a szélső részei fogják az integrálban a főszerepet játszani, ahol a födésből és ennek folytán az elektronfelhő deformációjából származó jelenségek annál fontosabbak lesznek.

7. §. Az eddig tárgyalt esetekben a VAN DER WAALS energia mindig csak egy korrekciós tag volt és azért nem is lehetett egészen tisztán látni, hogy a különböző formulák mennyire egyeznek a tapasztalattal. Ismeretes azonban, hogy a nemesgázok igen alacsony hőmérsékleten egy csak VAN DER WAALS erők által összetartott szilárd módosulatba mennek át. Ezek a nemesgázkristályok szemben az ionkristályokkal, sokkal lazább rácsok, mert a vonzóerők az elektrosztatikus erőknél sokkal kisebbek, miért is a szomszédos atomok felhői alig fedik egymást. Ez avval a további előnnyel jár,

[1] H. MARGENAU: Phys. Rev. 38, 747, 1931.

hogy ennek folytán egészen nyugodtan tekintetbe lehet venni a VAN DER WAALS energia magasabb közelítéseit (48) alapján. Mindezen okokból (26) és hozzá analóg módon levezetett (48) formula használhatóságának legjobb bizonyítéka a nemesgázok rácsállandóinak számítása.[1]

Budapest. Tudományegyetemi elméleti fizikai intézet. 1936 július.

[1] L. GOMBÁS PÁL munkáját ugyanebben a füzetben.

(A M. T. Akadémia III. osztályának 1936. okt. 12-én tartott üléséből.)

ÜBER DIE VAN DER WAALS'SCHEN KRAFTE.

Von TH. NEUGEBAUER in Budapest.

Eine vom Verfasser angegebene Formel zur Berechnung der VAN DER WAALS'schen Energie im Falle der Wechselwirkung von elektronenreichen Systemen wird mit den anderen Näherungsformeln von LONDON und KIRKWOOD und mit der Erfahrung verglichen.

Dieselbe lautet:

$$W = -\frac{6}{R^6}\,\frac{z_1^2(oo)\,z_2^2(oo)}{h\,[\bar{\nu}_1+\bar{\nu}_2]} \tag{1}$$

wo R die Entfernung der zwei Atome oder Ionen und h die Plancksche Konstante bedeutet. Die Definition von z_1^2 (00) ist die folgende:

$$z_1^2(oo) = \frac{1}{3}\int_0^\infty r^2 f_1(r)\,dr. \tag{2}$$

$f_1(r)\,dr$ bedeutet die elektrische Ladung in der Elektronenwolke des einen Atoms zwischen zwei konzentrischen Kugelschalen, deren Halbmesser um dr verschieden ist. Eine analoge Bedeutung hat auch $z_2^2(00)$.

$\bar{\nu}_1$ und $\bar{\nu}_2$ bedeuten Mittelwerte der Eigenfrequenzen, die wir aus der Formel der statischen Polarisierbarkeit berechnen. Aus

$$a_1 = 2\sum_k{}' \frac{z_1(ok)\,z_1(ko)}{h\nu(ko)} \tag{3}$$

folgt nämlich, wenn wir statt die $\nu(ko)$ einen Mittelwert derselben einführen, nach einem bekannten matrizentheoretischen Satze:

$$a_1 = 2\,\frac{z_1^2(oo)}{h\bar{\nu}_1}. \tag{4}$$

Aus (4) können wir jetzt $h\bar{\nu}_1$ berechnen, da α empirisch bekannt und der Zähler gemäss (2) berechenbar ist. Den erhaltenen Wert setzen wir in (1) ein. Analog berechnen wir auch $\bar{\nu}_2$.

Als erstes Beispiel wird die VAN DER WAALS'sche Energie von zwei H-Atomen nach den drei Näherungsformeln berechnet. (§. 3.) Aus der Formel (1) erhält man dabei einen Wert, der von dem von EISENSCHITZ und LONDON mit Hilfe der genauen Formel berechneten, nur um 4,9% verschieden ist. Die anderen zwei Näherungsformeln führen dagegen zu grösseren Abweichungen. Als nächstes Beispiel wird die Wechselwirkung von zwei He-Atomen berechnet und die Resultate der drei Formeln miteinander verglichen. (§. 4.)

Noch viel wichtiger sind die bei Ionenkristallen vorliegenden Verhältnisse. Bekanntermaßen werden dieselben hauptsächlich durch elektrostatische Kräfte zusammengehalten, doch spielen auch die VAN DER WAALS'schen Kräfte eine Rolle. Die mit Hilfe der drei Näherungsformeln erhaltenen numerischen Resultate zeigen, dass die Formel von KIRKWOOD und die des Verfassers besonders im Falle der Wechselwirkung von zwei positiven Ionen und eines positiven und eines negativen Ions zu ähnlichen Resultaten führen. Im Falle von zwei negativen Ionen ist jedoch das Ergebnis der KIRKWOOD'schen Formel zu gross. Die LONDON'sche Formel liefert im Falle von zwei positiven Ionen ähnliche Ergebnisse wie die obigen Formeln, die Wechselwirkung von negativen Ionen wird jedoch nach dieser Formel viel zu klein berechnet. Die Rechnungen wurden im Falle des Sylvins (KCl) durchgeführt, da bei diesem Kristall auch Berechnungen der übrigen Energieanteile vorliegen. Bekanntermaßen haben BORN, MAYER und HELMHOLZ die VAN DER WAALS'schen Kräfte dafür verantwortlich gemacht, dass einige Alkalihalogenide nicht im Steinsalz- sondern im $CsCl$-Typ kristallisieren. Die genannten Autoren benützten die LONDON'sche Näherungsformel und kamen zu dem Ergebnis, dass die Rechnungen die empirischen Befunde wiedergeben könnten, wenn man die numerischen Resultate der LONDON'schen Formel verdoppeln würde. Unsere Formel liefert dagegen ganz ungezwungen viel grössere Werte. (§. 5.)

Es sei noch bemerkt, dass die LONDON'sche Näherungsformel die Kenntnis der Polarisierbarkeiten ausnützt, die Formel von

KIRKWOOD dagegen die Berechenbarkeit der Ladungsverteilung in der Wolke eines elektronenreichen Atoms, z. B. nach der Hartree'schen oder Thomas-Fermischen Methode. In der vom Verfasser vorgeschlagenen Näherungsformel wird dagegen die Kenntnis der beiden Grössen ausgenützt.

Im nächsten Teil der Arbeit werden noch die von MARGENAU für die Wechselwirkung von zwei H Atomen angegebenen höheren Näherungen der VAN DER WAALS'schen Energie ebenfalls zum Zwecke der Anwendbarkeit auf elektronenreiche Systeme in eine ähnliche Form wie (1) gebracht. (§. 6.)

Zum Schluss wird noch darauf hingewiesen, dass man die Brauchbarkeit der hier besprochenen Näherungsformeln im Falle der nur durch VAN DER WAALS'sche Kräfte zusammengehaltene Gitter der Edelgase am leichtesten prüfen kann.

(Vgl. die Arbeit von P. GOMBÁS in diesem Heft.)

Budapest, Institut f. theoret. Physik d. Universität, Juli 1936.

(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften vom 12. Okt. 1936.)

ACETYLEZETT SZÉNHIDRÁTOK ELSZAPPANOSÍTÁSA.

ZEMPLÉN GÉZA r. tagtól.

Évekkel ezelőtt[1] módszert dolgoztam ki, mely alkalmas arra, hogy acetylezett cukrokból kiindulva a szabad cukrokhoz jussak el. Ennek a módszernek lényege az, hogy az acetylezett cukrot chloroformban oldjuk, s az oldatot erős hűtés és rázás közben nátrium methylátnak abszolút methylalkoholos oldatával elegyítjük. Nemsokára a kezdetben homogén oldatból egy addiciós termék válik ki, amelyhez ha hütés közben vizet adunk, az acetylcsoportok nagyrészt mint methylacetát szakadnak le s a chloroformtól elválasztott vizes oldatot ecetsavval megsavanyítva és bepárolva, absz. alkohol hozzáadásával elkülöníthető a szabad cukor kristályos állapotban. Előny az a régebben használatos eljárásokkal szemben, hogy sokkal kevesebb nátriummethylát szükséges az elszappanosításhoz, mint amennyi az összes acetyleknek nátriumacetáttá való átalakításához szükséges.

Így pl. 10 g oktaacetylcellobiozra az acetyl-gyököknek nátriumacetátalakban való lehasítására a számított fémnátrium mennyisége 2·7 g volna. Ezzel szemben már 0·5 g nátrium segítségével teljes elszappanosodást lehet elérni, mert a többi acetylcsoport methylacetát alakjában szabadul fel, amely az oldat bepárlásánál átdesztillál, tehát nem zavar.

---

[1] ZEMPLÉN GÉZA Berichte der Deutschen chem. Gesellschaft **59**, 1258 (1926). ZEMPLÉN GÉZA és KUNZ ALFONZ Berichte der Deutschen Chem. Ges. **56**, 1705 (1923).

Ennek a módszernek segítségével úgy redukáló, tehát lúgokkal szemben nagyon érzékeny cukroknak, mint nemredukáló glükozidoknak és cukroknak elszappanosítása könnyűszerrel sikerül.

Nem redukáló cukrokra és glükozidokra alkalmaztam később egy másik módszert, amelynek lényege az, hogy chloroform nélkül, csakis methylalkoholos nátriummethyláttal végzem az elszappanosítást, még pedig forralás közben.[1] Ilyenkor az acetylcsoportok ismét methylacetát keletkezése közben szakadnak le, és sikerül a felhasznált nátrium mennyiségét rendkívüli módon csökkenteni, ami azzal a nagy előnnyel jár, hogy a keletkezett termék alig tartalmaz nátriumacetátot és ezért igen könnyen teljesen tiszta állapotban kinyerhető. Ezzel a módszerrel sikerül pl. hexaacetylmannitból 3 perces melegítés útján a szabad mannithoz eljutni, mégpedig oly kevés fémnátrium segítségével, amely a számított mennyiség $^1/_{600}$-ad részének felel meg. A reakció tehát tipikusan katalitikus jellegű.

Jelen kutatásaim eredményeképpen kiderült, hogy ezt a második, vagyis rendkívül csekély nátrium mennyiségekkel dolgozó eljárást redukáló cukrok acetylvegyületeinek elszappanosítására is fel lehet használni, mert az acetylcsoportok leszakadnak a vegyületekből methylacetát alakban akkor is, ha az acetilvegyület nem oldódik methylalkoholban, és a szabad vegyület sem. Az egész elszappanosítás szobahőmérsékleten végrehajtható, egyszerűen rázógépre helyezve a reakciókeveréket. Példa erre a kísérleti részben leírt elszappanosítás, amelyet oktaacetylcellobiózzal végeztem, s amely azonnal teljesen tiszta cellobiózhoz vezet, és amelynél 10 g oktaacetylcellobiózra a chloroformos oldatban való elszappanosításnál használt 0,5 g fémnátrium helyett csak 0·023 g szükséges, hogy tökéletes elszappanosodást érjünk el. A nagy előny abban van, hogy jelen esetben csak 0·023 g. nátriumnak megfelelő nátriumacetat keletkezik, amely benne marad oldott állapotban a methylalkoholban, minek következtében az anyag tisztítása módfelett megkönnyül.

---

[1] Zemplén Géza és Pacsu Jenő Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft. **62**, 1613 (1929).

Kiderült azután, hogy még az acetylezett cellulóze is elszappanosítható, még pedig nátriummethylatot tartalmazó methylalkohol segítségével, ha a reakciót forralás közben végezzük.

Ha kevés nátrium methylátot tartalmazó absz. methylalkohollal melegítjük az acetylcellulózét, külsőleg semmi változást nem észlelhetünk az anyagon, de közben 38%-nyi súlyveszteséget szenved, és a reakció után visszamaradó rész nyomokban sem tartalmaz már acetylt.

2 g. acetylcellulózére, mely 38% acetylgyököt tartalmaz, a teljes elszappanosodáshoz, hogyha natriumacetat alakjában szakítanók le az acetylt, kellene elméletileg 0·403 g fémnátrium, ezzel szemben sikerül a teljes elszappanosítást 10 cm^3 $n/10$ nátriummethyláttal végrehajtani, ami 0·023 g. fémnátriumnak felel meg.

Ezek alapján most már olyan módszerrel rendelkezünk, amely általánosan használható acetylezett szénhydrátoknak elszappanosítására.

KÍSÉRLETI RÉSZ.

Oktaacetylcellobióz szappanosítása hidegen, nátriummethylátnak absz. methylalkoholos oldatával.

1. 30 g oktaacetylcellobiózt 120 cm^3 abs. methylalkohollal és 30 cm^3 $n/10$ $NaOCH_3$-tal 3 óra hosszat rázatok. Azután leszivatom a cellobiózt és 2×50 cm^3 abs. alkohollal mosom. A nyersterméket konc. kénsav fölött vákuum-exsiccatorban szárítom.

15·20 g a nyerstermék.

Forgatóképessége vízben 24 óra után:

$$[\alpha]_D^{20^\circ} = \frac{1{\cdot}00 \times 10}{0{\cdot}3006} = +\,33{\cdot}33^\circ.$$

A nyersterméket 60 cm^3 forró vízben oldom, csontszénnel deritem, szűröm és vákuum alatt 40°-on sűrű szirupra párolom be. Ehhez 100 cm^3 forró abs. alkoholt adok és kristályosodni hagyom. Másnap leszivatom, als. alkohollal mosom és vákuumexsiccatorban konc. kénsav fölött megszárítom.

13·0 g cellobiózt kapok, *85·5%-os kitermelés.*

Nedvességtartalma: 1·5006 g anyagot vákuumpisztolyban 100°-on súlyállandóig szárítom; 0·0100 g a súlyveszteség 3 óra alatt: *0·66* % nedvesség.

Forgatóképessége vízben 24 óra után:

$$[\alpha]_D^{21^\circ} = \frac{1{\cdot}02 \times 10}{0{\cdot}3006} = +\,33{\cdot}99^\circ.$$

Száraz anyagra átszámítva:

$$[\alpha]_D^{21^\circ} = \frac{1{\cdot}102 \times 10}{0{\cdot}2986} = +\,34{\cdot}16^\circ.$$

*

2. A fenti kísérletet teljes egészében megismétlem. Az eredmények a következők:

A nyerstermék súlya 15·3 g.

Az átkristályosított cellobióz súlya 13·6 g = *89·5 %-os kitermelés.*

Nedvességtartalma: 1·5018 g lemérés; 0·0116 g súlyveszteség: *0·77* % nedvesség.

Forgatóképessége vízben 24 óra mulva:

$$[\alpha]_D^{21^\circ} = \frac{1{\cdot}02 \times 10}{0{\cdot}3004} = +\,34{\cdot}00^\circ.$$

Száraz anyagra átszámítva:

$$[\alpha]_D^{21^\circ} = \frac{1{\cdot}02 \times 10}{0{\cdot}2981} = +\,34{\cdot}22^\circ.$$

*

3. 30 g oktaacetylcellobiózt 270 cm³ abs. methylalkohollal és 30 cm³ *n*/10 $NaOCH_3$-val rázatok negy órán át. E mellett a koncentráció mellett a szappanosodás három óra alatt nem megy végbe.

A feldolgozás ugyanaz, mint az előző kísérleteknél.

Az eredmények a következők:

A nyerstermék súlya 14·90 g.

Az átkristályosított cellobióz súlya 12·8 g = *84·5%-os kitermelés.*

Nedvességtartalma: 1·5004 g lemérés; 0·0094 g súlyveszteség; *0·63%* nedvesség.

Forgatóképessége vízben 24 óra mulva:

$$[\alpha]_D^{21°} = \frac{1·04 \times 10}{0·3014} = +34·50°.$$

Száraz anyagra átszámítva:

$$[\alpha]_D^{21°} = \frac{1·04 \times 10}{0·2995} = +34·72°.$$

*

4. A fenti kísérletet teljes egészében megismétlem. Az eredmények a következők:

A nyerstermék súlya 15·20 g.

Az átkristályosított cellobióz súlya 13·0 g; *85·5%-os kitermelés.*

Nedvességtartalma: 1·5008 g lemérés; 0·0076 g súlyveszteség; *0·50%.*

Forgatóképessége vízben 24 óra mulva:

$$[\alpha]_D^{19} = \frac{1·03 \times 10}{0·3004} = +34·29°.$$

Száraz anyagra átszámítva:

$$[\alpha]_D^{19°} = \frac{1·03 \times 10}{0·2989} = +34·46°.$$

A tiszta cellobióz forgatóképessége irodalmi adatok alapján: $[\alpha]_D$ = + 34°;[1] + 35·2°;[2] + 35°.[3]

---

[1] G. Bertrand és S. Benoist: Comptes rendus **127**, 85 (1923).

[2] F. C. Paterson és C. C. Spencer: Journal of American Chem. Soc. **49**, 2822 (1297); Chem. Zentr. **1928 I.** 322.

[3] P. A. Levene és M. L. Wolfrom: Journal of biological Chemistry **77**, 671; Chem. Zentr. 1926, II. 542.

Acetylcellulóze elszappanosítása meleg nátriummethylátos methylalkohollal.

Az acetylcellulóze elszappanosításához SCHUCHARDT-féle acetylcellulózét használtam. A terméknek nedvességtartalma 3·4% volt. Acetyltartalma a KNOEVENAGEL [1]-féle meghatározások szerint száraz anyagra átszámítva: 38·0%. Triacetylcellulózéra vonatkoztatott számított acetyltartalom: 44·8%; diacetylcellulózénak megfelel 34·96% acetyl. E szerint a kísérlethez felhasznált anyag di- és triacetylcellulóze keveréke volt.

A kísérletek végrehajtása úgy történt, hogy absz. methylalkoholos közegben reagáltattam az acetylcellulózét forralás útján és a terméknek súlyveszteségét mértem, még pedig a következő módon:

2 g acetylcellulózét, melyhez 50 cm^3 absz. methylalkoholt és változó mennyiségű $n/10$ nátriummethylátot adtam, vízfürdőn visszacsepegő hűtőn forraltam, majd lehülés után üvegszűrőn leszivattam az anyagot, kb. 60 cm^3 meleg absz. alkohollal mostam, majd 100°-nál súlyállandóságig szárítottam.

A kísérleteket következő táblázatban foglaltam össze. (L. 7. old.)

Az eredményekből azt látjuk, hogy míg egy adott nátriummethylátmennyiség mellett a reakció időtartama kevés befolyással van az elszappanosítás mértékére, addig a nátriummethylát mennyiségének növelésével rohamosan növekszik az elszappanosítást jelző súlyveszteség és hamarosan el is éri az elméletileg számított maximumot. Így például az 1, 2, 3, 4 sorszámú kísérletek tanúsága szerint a reakció idejének hatszorosra való növelésével a súlyveszteség 16·5%-ról csak 24·5%-ra emelkedik. Ezzel szemben az 1., 5., 7. és 10. sorszámú kísérletek szerint, amikor azonos 1 órai forralás mellett a nátriummethylát mennyisége emelkedik a hatszorosára, a súlyveszteség 16·5%-ról 36·4%-ra emelkedik.

---

[1] KNOEVENAGEL Cellulosechemie 3, 113 (1922); Chem. Zentralbl. 1923. II 693.

Acetylcellulóze elszappanosítása nátriummethyláttal methylalkoholos oldatban való forralással.

A termék nedvességtartalma: 3·4%; a száraz anyagra számított acetyltartalma: 38·0%.

A kisérlet jelzése	Bemérés g-ban	Absz. methylalkohol ccm-ben	n/10 natrium methylát-oldat ccm-ben	Idő órában	Súlyveszteség g-ban	Súlyveszteség %-ban	Száraz-anyagra számított súlyveszteség %-ban	A kisérlet sorszáma
A. 1	2·0004	50	1	1	0·3868	12·34	16·5	1
A. 2	2·0018	50	1	3	0·4638	23·17	20·5	2
A. 3	2·0016	50	1	4	0·4916	24·56	21·9	3
A. 4	2·0034	50	1	6	0·5420	27·05	24·5	4
B. 1	2·0000	50	2	1	0·5780	28·90	26·4	5
B. 2	2·0016	50	2	3	0·7290	36·42	34·2	6
C. 1	2·0038	50	4	1	0·7332	36·59	34·4	7
C. 2	2·0018	50	4	2	0·7626	38·10	35·9	8
C. 3	2·0022	50	4	3	0·7822	39·07	36·9	9
D. 1	2·0040	50	6	1	0·7724	38·54	36·4	10
D. 2	2·0012	50	6	2	0·7966	39·81	37·7	11
D. 3	2·0016	50	6	3	0·8012	40·05	37·9	12
E. 1	2·0004	50	8	1	0·7914	39·56	37·4	13
E. 2	2·0018	50	8	2	0·8056	40·24	38·1	14
E. 3	2·0018	50	8	3	0·8134	40·63	38·5	15
F. 1	2·0020	50	10	1	0·8040	40·16	38·1	16
F. 2	2·0022	50	10	2	0·8152	40·71	38·6	17
F. 3	2·0006	50	10	3	0·8124	40·61	38·5	18
G. 1	2·0018	50	12	1	0·7992	39·93	37·8	19
G. 2	2·0020	50	12	2	0·8120	40·56	38·5	20
G. 3	2·0012	50	12	3	0·8140	40·68	38·6	21

Jelen kísérletek végrehajtásánál dr. GERECS ÁRPÁD vegyészmérnök és HADÁCSY ILONA voltak segítségemre, miért is nekik köszönetemet fejezem ki.

Különös hálával tartozom a Magyar Tudományos Akadémia vezetőségének, hogy anyagi támogatásával e munkálatok elvégzését előmozdította.

(A M. T. Akadémia III. osztályának 1936. máj. 11-én tartott üléséből.)

ÜBER DIE VERSEIFUNG ACETYLIERTER KOHLENHYDRATE.

Von GÉZA ZEMPLÉN.

Die früher ausgearbeitete Methoden der Verseifung (Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft, **59**, 1258 (1926) und **62**, 1613 (1929)) wurden ausgearbeitet für Acetylcellulosen. Dabei wird die Verseifung in Methanollösung mit ganz geringen Mengen Natriummethylat in der Wärme ausgeführt, und eine vollkommene Desazetylierung erreicht. Ausserdem wird dieselbe Methode für reduzierende Acetylverbindungen der Zucker angewandt, durch Schütteln der Acetate in Methanollösung mit geringen Mengen Natriummethylat, wobei ebenfalls die freien Zucker in vollkommener Reinheit erhalten werden. Als Beispiel ist die Verseifung der Oktaacetylcellobiose zu freier Cellobiose beschrieben.

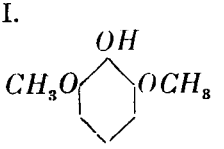
(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften vom 11. Mai 1936.)

VIZSGÁLATOK A TETROXYBENZOLOKRÓL.[1]

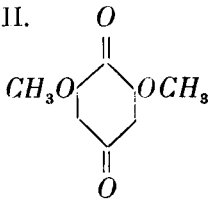
MAUTHNER NÁNDOR l. tagtól.

A tetroxybenzolok közül eddig a természetből két vegyülettípust különítettek el. Az egyik az apiolcsoport, amely tetroxybenzoloknak methyl és methylenaeterjei, amelyek ezenkívül még egy allyl vagy propenyl oldalláncot tartalmaznak. A másik csoportot (antiarol) KILIANI[2] az *Antiaris toxicaria* tejnedvéből különítette el. Ezen vizsgálat e második csoporthoz tartozó vegyületek szintézisével foglalkozik. Kiindulási anyag gyanánt az 1, 3-dimethylpyrogallolt (I) választottam, amelyet oxidáció útján

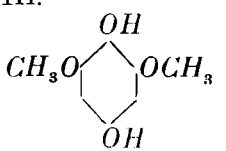
I.



II.



III.



dimethoxychinonná (II) alakítottam át. Ez utóbbi vegyületnek redukciója útján natriumhidrosulfittal a dioxydimethoxybenzol (III) képződött. Mindenekelőtt ezen vegyületnél az acylgyök vándorlását vizsgáltam. Előző[3] a di- és trioxybenzoloknál végzett rendszeres

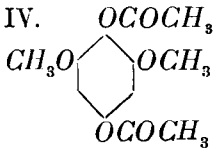
---

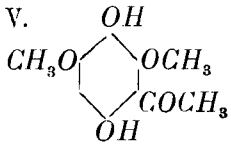
[1] A budapes Pázmány Péter Tudományegyetem II. sz. vegytani intézetében készült dolgozat.

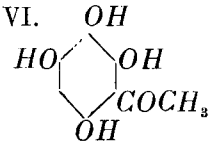
[2] Arch. für Pharm. 234, 444 (1896).

[3] Math. és Termtud. Értesítő 45. köt. 399 (1928); 50. köt. 480 (1933); 50. köt. 468 (1933); 46. köt. 294 (1929); 51. köt. (1934); Journal für prakt. Chemie 118, 314 (1928); 121. 255 (1929); 136, 205 (1933); 136, 213 (1933); 139, 293 (1934).

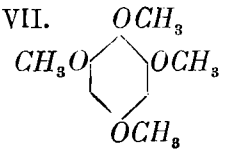
vizsgálataimban kimutattam, hogy az acylgyök vándorlása a legtöbb esetben ortho és para állásba történik, egy esetben észleltem meta állásba való áthelyezkedést és a triacetylphloroglucinnál egy hidroaromás vegyület képződik. E célból a dioxy-dimethoxybenzolt acetylchloriddal, diacetylszármazékává alakítottam (IV)

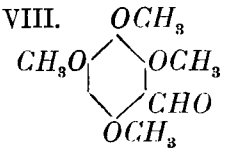
IV. 

V. 

VI. 

át. Ha ez utóbbi vegyületet nitrobenzolban oldjuk és aluminiumchloridet hagyunk hatni rá közönséges hőmérsékleten, úgy az acylgyök a benzolmagba vándorol és dioxydimethoxyacetobenzol (V) képződik. A vegyületből sikerül a két methylgyököt leválasztani egy eljárás szerint, melyet egynéhány év előtt ismertettem a Mat. és Termtud. Értesítőben.[1] E célból az aethert chlorbenzolban oldjuk és aluminiumchloridot hagyunk hatni rá, miáltal az acetotetroxybenzol (VI) képződött. Ez az első acetoszármazéka egy tetroxybenzolnak, amelyet az irodalomban ismertetnek. A dioxy-dimethoxybenzolból dimethylsulfattal való methylezés útján a tetramethoxybenzolt (VII) állítottam elő. Ez utóbbi vegyületből a GATTERMANN-féle módosított aldehydszintézis szerint

VII. 

VIII. 

zinkcyaniddel és sósavgázzal a tetramethoxybenzoldehydet (VIII) nyertem. Úgy a keton (V), mint az aldehyd (VIII) két orthoállásban levő substituenst tartalmaz és így alkalmas vegyületek voltak a MEYER-féle szabály vizsgálatára, mert egynéhány év előtt azt találtam, hogy a 2, 6-dimethoxybenzolsav teljesen ellentétes reakciót ad, mint ezen szabály megkívánja, tudniillik a közönséges esterifikáló módszerekkel jó termeléssel létesít estereket, amelyet

[1] Math. és Term. Értesítő 1928.

viszont igen könnyen lehet elszappanosítani. A ketonból nem sikerült hydrazont előállítani az aldehyd, ellenben símán reagál pl. nitrophenylhydrazinnel.

KÍSÉRLETI RÉSZ.

1-Aceto 2, 5-dioxy, 4, 6-dimethoxybenzol.

A fenti vegyület előállításához szükséges dimethoxychinont két úton [1] állítottam elő, egyrészt az 1, 3-dimethylpyrogallolból, másrészt trimethylpyrogallol oxidációja útján, amely eljárások közül a második célszerűbb.

20 g dimethylpyrogallolt 100 cm^3 alkoholban oldunk és egy literes visszafolyó hűtőcsöves lombikban egyszerre 100 cm^3 1·2 fajsúlyú salétromsavval elegyítjük. Óvatosan hevítjük, míg az igen heves reakció megindul, akkor a lángot eltávolítjuk és körülbelül egy óra alatt a reakció befejeződik. A kiválott terméket leszűrjük és alkohollal kimossuk. Termelés 4·5 g, olv. p. 249 C°.

Nagyobb mennyiségű trimethylpyrogallol előállítására a következő eljárás bizonyult célszerűnek: 80 g pyrogallolt egy háromliteres visszafolyó hűtőcsöves lombikban, 100 cm^3 vízben oldunk, a levegőt világítógázzal kiszorítjuk és egy csepegtető tölcséren át 400 cm^3 20%-os natronlúgot folyatunk hozzá, ezután egy más tölcséren át 67 cm^3 dimethylsulfátot. Rövid rázás után a reakció megindul és ha abbahagyott, újból 67 cm^3 dimethylsulfatot folyatunk a reakcióelegybe. Ezután két órahosszat hevítjük a visszafolyó hűtőcsővel, majd 20 g natriumhidroxid 30 cm^3 vízben való oldatát adjuk hozzá és újból két órahosszat hevítjük. Másnapig állni hagyjuk, miközben a reakciós elegyből kristályos trimethylpyrogallol vállott ki, melyet leszűrünk, vízzel jól kimosunk és agyagtányéron szárítunk ki. Termelés 61 g.

20 g trimethylpyrogallolt 100 cm^3 alkoholban oldunk, 100 cm^3 1·2 f. s. salétromsavval oxidáljuk, épp úgy, mint a dimethylpyrogallolnál. Termelés 9·5 g dimethoxychinon.

A chinon redukciójához 20 g chinont 40 g natriumhidrosulfitból és 400 cm^3 vízből készített oldattal egynéhány percig hevítjük,

[1] Graebe u. Hess: Ann. 340, 232 (1905).

miközben a chinon teljesen feloldódik. Ezután az oldatot lehűtjük, a kiváló dioxy-dimethoxybenzolt leszűrjük, kevés vízzel kimossuk és agyagtányéron szárítjuk ki. Termelés 14 g. Olv. p. 158 C°.[1]

20 g dioxy-dimethoxybenzolt 40 cm³ acetylchloriddal egy óra hosszat visszafolyó hűtőcsővel a vízfürdőn hevítjük. Ezután a reakciós elegyet jégre öntjük, leszűrjük és vízzel kimossuk. Methylalkoholból átkristályosítva 128 C°-on olvadó tűkben válik ki, mint azt HOFFMANN[2] előzőleg megadta.

A reakció eszközlése céljából 17·8 g diacetyldioxydimethoxybenzolt 100 cm³ száraz nitrobenzolban oldjuk, az oldatot jeges vízzel lehűtjük és egy félóra alatt 10 g fínomra porított aluminiumchloridet adagolunk hozzá. A reakciós edényt higanyzárral zárjuk el a küllégtől és 24 óra hosszat közönséges hőmérsékleten állni hagyuk. Ezután a reakciókeveréket sok jégre öntjük, töménysósavval elegyítjük és fél óra hosszat a vízfürdőn hevítjük. A lehűlés után a reakciós elegyet aetherrel háromszor kivonjuk. Az aetheres oldatot kétszer 100 cm³ 7%-os natronlúggal átrázzuk és hűtés közben a kivonatokat sósavval megsavanyítjuk. Az oldatokat többször aetherrel kivonjuk, az aetheres oldatot vízmentes natriumsulfattal szárítjuk. Az oldószert kis térfogatra bepároljuk, porcelláncsészébe öntjük, miközben a termék kikristályosodik, melyet leszűrünk és agyagtányéron szárítunk ki. Termelés 5 g. A vegyület további tisztítása céljából kétszer meleg vízből kristályosítjuk át, miközben csontszénnel színtelenítünk.

4,620 mg anyag adott: 9,605 mg CO_2-t és 2,425 mg H_2O-t.

A $C_{10}H_{12}O_5$ képlet alapján a számított értékek: C=56·60%, H = 5·66%.

Kísérletileg talált értékek : C = 56·66%, H = 5·83%.

A vegyület citromsárgaszínű tűkben válik ki, amelyek 162—163 C°-on olvadnak. A vegyület könnyen oldódik alkoholban és jégecetben, nehezen ellenben meleg ligroinban. Tömény kénsav a vegyületet sárga színnel oldja. A vegyületből pl. nitrophenylhydrazinnel nem sikerült hydrazont előállítani.[3]

---

[1] WILL: Ber. 21, 609.

[2] HOFFMANN: B. 8, 67; B. 11, 332.

[3] Lehetséges, hogy ez a vegyület azonos egy melléktermékkel

A reakciós termék extrakciójánál aetherrel egy termék (5·1 g) maradt vissza, melyet leszűrünk, meleg vízből átkristályosítunk, miáltal a fentebbi ketonnal azonos terméket nyerünk.

A vegyület elszappanosítása céljából a vegyület 3 g-ját 50 cm^3 vízmentes chlorbenzolban oldjuk, 10 g porított aluminiumchloridot adunk hozzá és visszafolyó hűtőcsővel egyóra hosszat hevítjük. Ezután a reakciós elegyet jégre öntjük, sósavval megsavanyítjuk, egy félóra hosszat a vízfürdőn hevítjük és ezután $1^1/_2$ órás vízgőzdesztillációval a chlorbenzolt eltávolítjuk. A desztillációs lombik tartalmát még melegen szűrjük, az oldatot háromszor aetherrel kivonjuk és natriumsulfáttal szárítjuk. Az aether lepárlása után visszamaradó terméket kevés meleg vízben oldjuk, csontszénnel színtelenítjük és 0 C°-on kristályosítjuk.

4395 mg anyag adott: 8455 mg CO_2-t és 1785 mg H_2O-t.

A $C_8H_8O_5$ képlet alapján a számított értékek: C=52·17%, H = 4·34%. Kísérletileg talált értékek: C = 52·42%, H=4·51%.

Az 1-aceto 2, 4, 5, 6 tetroxybenzol barnássárga tűket képez, amelyek 243—244 C°-on olvadnak.

2, 4, 5, 6 tetramethoxybenzaldehyd 13 g dimethoxy-dioxybenzolt feloldunk 22 g natriumhidroxidból és 150 cm^3 vízből készített natronlúgban és 18 cm^3 dimethylsulfáttal 10 percig hűtés közben összerázzuk. Ezután újból 18 cm^3 dimethylsulfátot adunk hozzá és 7 percig rázzuk. A reakcióelegyet kétóra hosszat visszafolyó hűtőcsővel hevítjük. Ezután 15 g natriumhidroxidból és 30 cm^3 vízből készített oldatot adunk hozzá és újból kétóra hosszat hevítjük. A reakciós elegyet aetherrel kivonjuk, híg natronlúggal átrázzuk és calciumchloriddal szárítjuk. Az aether lepárlása után visszamaradó terméket desztilláljuk, miközben a vegyület 271 C°-on megy át, mint azt Will[1] előzőleg megadta. Termelés 9·2 g. 3 g tetramethylaethert 50 cm^3 absolut aetherben oldunk és 6 g víz-

(olv. p. 162—163 C°), melyet Bargellini és Bini (C. 1911. I. 392) nyertek acetylchloridnak 1, 2, 3, 5 tetramethoxybenzolra való behatásakor, aluminiumchlorid jelenlétében. Mindenesetre megállapítható, hogy az általam előállított vegyület szerkezete bizonyossággal adódik szintéziséből, míg a Bargellini és Bini termékénél teljesen bizonytalan a két methylgyök kilépési helye.

[1] Loc. cit.

mentes zinkcyanidet adunk hozzá. Az oldatba kétóra hosszat száraz sósavgázt vezetünk be, miközben a reakciós termék szilárd alakban leválik. A felette álló aethert leöntjük és kétszer vízmentes aetherrel a terméket kimossuk. Ezután 100 cm^3 vizet adunk hozzá és egy negyedóra hosszat hevítjük az iminoderivat szétbontása céljából. A folyadékot aetherrel kivonjuk, az atheres oldatot kétszer 100 cm^3 40%-os bisulfitoldattal átrázzuk és sósavval megsavanyítjuk. Az oldatot aetherrel kivonjuk és natriumsulfáttal szárítjuk. Az aether lepárlása után visszamaradó termék mihamar megdermed és további tisztítás céljából ligroinból kristályosítjuk át. Termelés 1·2 g. Olv. p. 88—89 C°.

4530 mg anyag adott: 9721 mg CO_2-t és 2508 mg H_2O-t.

A $C_{11}H_{14}O_5$ képlet alapján a számított értékek: $C = 58{\cdot}46\%$, $H = 6{\cdot}18\%$.

Kísérletileg talált értékek: $C = 58{\cdot}52\%$, $H = 6{\cdot}15\%$.

Pl. nitrophenylhydrazon, 1 g aldehydet 20 cm^3 50%-os ecetsavban oldunk és 1 g p-nitrophenylhydrazon ecetsavas oldatával (20 cm^3 50%-os) elegyítjük. Rövid hevítés után a hydrazon kiválott és további tisztítás céljából methylalkoholból kristályosítjuk át. Vörös tűkben válik ki, amelyek 178—179 C°-on olvadnak.

4,305 mg anyag adott: 0·45 ccm nitrogént (20 C°, 740 mm).

$C_{17}H_{19}O_6N_3$ képlet alapján a számított érték: $N = 11{\cdot}63\%$.

Kísérletileg talált érték: $N = 11{\cdot}71\%$.

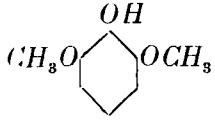
(A M. T. Akadémia III. osztályának 1936. okt. 12-én tartott üléséből.)

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE TETROXYBENZOLE.

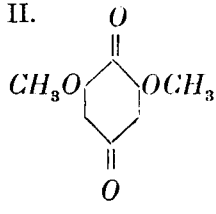
Von F. MAUTHNER korresp. Mitglied.

Von den Tetroxybenzolen wurden bisher zwei Verbindungstypen in der Natur aufgefunden. Die Apiolgruppe, welche Methyl und Methylenaether von Tetroxybenzolen sind, die ausserdem noch eine Allyl- oder Propenyl-Seitenkette enthalten. Die zweite Gruppe (Antiarol) wurde von KILIANI [1] in dem Milchsaft von *Antiaris toxicaria* aufgefunden. Diese Untersuchung beschäftigt sich mit der Synthese zu der letztgenannten Gruppe gehörenden Verbindungen. Als Ausgangsmaterial wählte ich das 1, 3-Dimethylpyrogallol (I), welches durch Oxydation in das Dimethoxychinon (II)

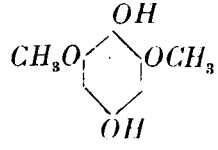
I.



II.



III.



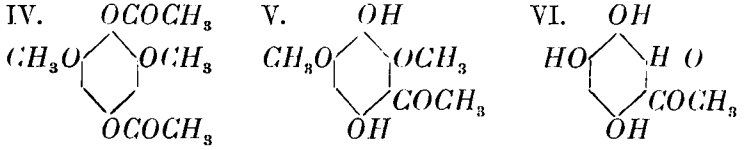
verwandelt wurde. Durch Reduktion desselben mittelst Natriumhydrosulfit entsteht das Dioxydimethoxybenzol (III). Zunächst untersuchte ich bei dieser Verbindung die Acylgruppenwanderung. Frühere bei den Di- und Trioxybenzolen ausgeführte systhematische Untersuchungen [2] zeigten, dass die Acylgruppenwanderung in den meisten Fällen in Ortho- und Para-Stellung erfolgt, in einem Falle konnte die Wanderung nach der Meta-Stellung festgestellt werden und beim Triacetylphloroglucin erfolgt die Bildung einer hydroaromatischen Verbindung. Zu diesem Zwecke wurde das Dioxydimethoxybenzol durch Acetylchlorid in

---

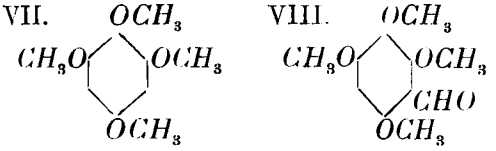
[1] Arch. für Pharm. 234, 444 (1896).

[2] Journal für prakt. Chemie 118, 314 (1928); 121, 255 (1929); 36, 205 (1933); 136, 213 (1933); 139. 293 (1934).

das Diacetylderivat (IV) übergeführt. Löst man letztere Verbindung in Nitrobenzol und lässt Aluminiumchlorid darauf bei gewöhnlicher Temperatur einwirken, so erfolgt Wanderung in den Benzolkern und es entsteht das Dioxydimethoxyacetobenzol (V). Die Verbindung lässt sich entalkylieren nach der von einigen Jahren von mir ausgearbeiteten Verfahren[1] durch Erhitzen der in Chlorbenzol gelösten Aethers mittelst Aluminiumchlorid. Das so erhaltene Acetotetroxybenzol (VI) stellt das erste Acetoderivat



eines Tetroxybenzols dar, welches in der Literatur beschrieben ist. Aus dem Dioxydimethoxybenzol wurde durch Alkylierung mittelst Dimethylsulfat das Tetramethoxybenzol (VII) gewonnen. Diese



Verbindung konnte nach der modifizierten GATTERMANN'schen Synthese mittelst Zinkcyanid und Salzsäuregas in den Tetramethoxybenzaldehyd (VIII) übergeführt werden. Sowohl das Keton (V), wie der Aldehyd (VIII) haben zwei orthoständige Substituenten und boten so Gelegenheit zur Prüfung der VIKTOR MEYER'schen Regel, da ich vor einigen Jahren fand, dass die 2, 6 Dimethoxybenzolsäure entgegen der V. MEYER'schen Regel sehr leicht verestert wird. Das Keton liefert kein Hydrazon, in dessen konnte vom Aldehyd leicht das Hydrazon dargestellt werden.

[1] Journal für prakt. Chemie 121, 261 (1929).

(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften vom 12. Okt. 1936.)

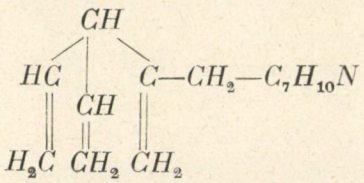
ADATOK A SPARTEIN ÉS A VELE ROKON SZERKEZETŰ CSILLAGFÜRT ALKALOIDOK KÉMIÁJÁHOZ.[1]

KONEK FRIGYES l. tagtól.

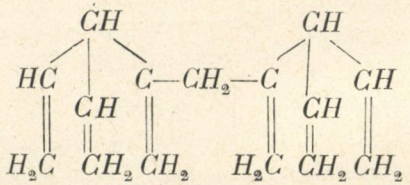
A spartein az oxygénmentes és folyós halmazállapotú alkaloidok typikus képviselője a *Spartium scoparium* (synonimák: *Cytisus scoparius* és *Sarothamnus scoparius*) vagy seprős zanót leveleiben és ágaiban fordul elő; ott mutatta ki már 1851-ben először STENHOUSE. Később WILLSTÄTTER és MARX (Ber. 37. (1904) 2351.) megállapították azt, hogy a csillagfürtben (lupinus) előforduló folyós oxygénmentes alkaloid, a lupinidin azonos a sparteinnel és helyes összetétele $C_{15}H_{26}N_2$. SPÄHT (Ber. 64. (1931) 1127; C. 1931. I. 3467) a vérehulló fecskefű, *Chelidonium* májusban mutatta ki és ezt az előfordulását a seprős zanóthból előállított bázissal pontosan identifikálta; egyben igen nagy fontosságot is tulajdonít ennek az előfordulásnak, mivel megdönti azt az általánosságban elfogadott szabályt, hogy t. i. csak rokon növényfajok termelnek azonos vagy hasonló szerkezetű alkaloidokat; pedig leguminózák és papaveraceák közt nincs botanikai értelemben véve semmiféle rokonság sem. A spartein kémiai szerkezetének kiderítésével a kutató-tudomány már több mint ötven év óta foglalkozik, sőt foglalkozik még ma is, úgyhogy az idők folyamán hatalmas terjedelmű spartein-irodalom alakult ki. A kutatómunka haladásával párhuzamosan haladtak, illetve változtak nézeteink ezen alkaloid

[1] V. közlemény a differenciáló alkilezésnek más biazótos alkaloidokra való kiterjesztéséről. — IV. közlemény: «A hydrocinchonin vagy cinchotin jódmethylátjai», lásd az előző közleményt.

kémiai szerkezetét illetőleg is. Nem lehet célom ennek a nagyarányú munkásságnak e helyen való részletekbe menő ismertetése, hanem csak azoknak a munkáknak rövid felsorolására szorítkozom, amelyek döntő befolyást gyakoroltak a spartein szerkezetéről táplált mai felfogásunk kialakulására. MOUREU és VALEUR, két francia kutató, akiknek nevéhez az alkaloidkémia sok jeles felfedezése fűződik, 1903 óta tüzetesen foglalkoztak a sparteinnel is. Beható kutatásaik alapján az alkaloid belszerkezetét illetőleg a következő képet nyerjük: mindkét nitrogénatom bázikus természetű és tertiér-kötésű; methylimid-csoport nincs; spartein telített vegyület, mert nem redukálható és permanganáttal szemben állandó. H_2O_2-vel egy *N*-oxyd lesz belőle. Chromsav csak melegben és erős kénsav jelenlétében támadja, midőn is két oxydációs termék keletkezik: spartyrin, $C_{15}H_{24}N_2$, egy telítetlen bázis és oxyspartein, $C_{15}H_{24}N_2O$, amely a lupaninnal izomér. A HOFMANN-féle lebontásnál legelőször is két stereoizomér jódmethylát keletkezik, amelyek közül az egyikből a lebontási folyamat háromszori megismétlése után előbb hemisparteilen, végül pedig a nitrogénmentes sparteilen, $C_{15}H_{20}$, keletkezik. MOUREU és VALEUR ezeket a lebontási termékeket így formulázzák:

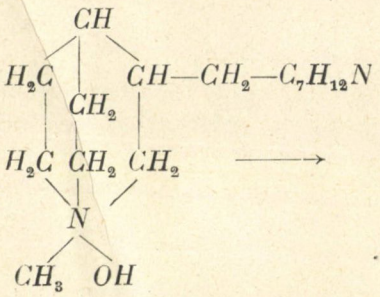


hemisparteilen

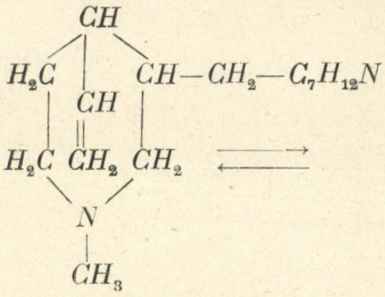


sparteilen

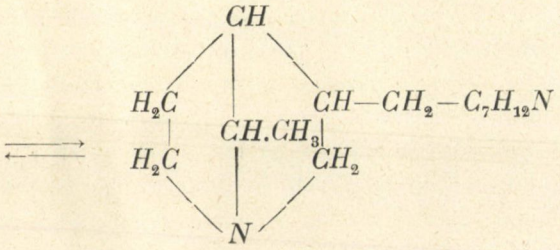
Csakhogy számolni kell itt azzal a másik eshetőséggel is, hogy a methyláló lebontásnak már első fázisában is a gyűrűrepesztés a külső helyett a belsőn is bekövetkezhetik; az így keletkezett spartein-methylammoniumhydroxyd hevítésre egy methylsparteint ad, amelynek jódhydrátja 125°-on egy telített biciklikus vegyületté alakul, amely most már pyrrolidingyűrűk kondenzációja által keletkezett rendszernek tekintendő:



a spartein methyl-ammoniumhydroxydje

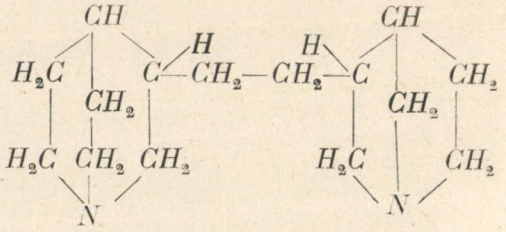


a-methylspartein

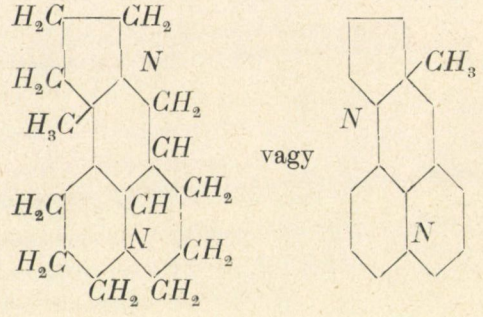


isospartein

Hogy a sparteinban tényleg létezhetnek pyrrolidingyűrűk, bizonyítja az a kísérleti tapasztalat, hogy zinkporral hevítve megadja a pyrrolreakciót. Wolffenstein és Wackernagel (Ber. 37. [1904] 3238) is azt állítják, hogy sikerült nekik pyrrolidinmagvakat kimutatni és úgy képzelik el az alkaloid strukturáját, hogy benne két nortropan maradékot kapcsol össze egy CH_3-csoport. A molekulának ezt a simmetriáját azonban kísérletileg bizonyítani nem sikerült; sőt, mivel az oxydációs termékek között borostyánkősavat is találtak, egy két szénatomos összekötőláncra kellett szükségkép következtetni. Újabb megfigyelések azután arra bírták Wolffensteint (Biochem. Zeitschr. 186 [1927], 269), hogy szakítson a szimmetriás képlettel és a spartein számára a mellékelt szerkezetet ajánlja:

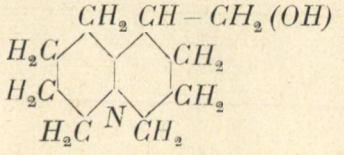


Ez a képlet eleget tesz a spartein viselkedésének különböző indikátorokkal szemben; ugyanis csak lakmussal és methyl-orange-al szemben kétszersavanyú, ellenben phenolphtaleinnel szemben csak egyszersavanyú bázisként viselkedik. Ugyanezt a magatartást tanúsítják az asszimetriás szerkezetű chinin és nicotin; míg a szintétikusan előállított γγ-dipiperidyl phenolphtaleinnel titrálva is kétszer savanyú bázisnak bizonyul. Ez az asszimmetriás képlet végül megmagyarázza még úgy a pyrrolreakciót, mint az oxydációnál keletkező borostyánkősavnak a fellépését is. A legújabb — 1930-tól napjainkig terjedő — időben, főleg német, angol és japán egyetemi laboratóriumokban végzett kutatások azonban a spartein szerkezetéről táplált ezen felfogásunkat is lényegesen módosították, bár végleg dülőre vinni ezt a kérdést máig sem tudták. Így például Winterfeld és Ipsen (C. 1930. II. 1993) a spartein oxydációs lebontásával α-methylpyrrolidint is kapott, minek alapján a következő szerkezetet ajánlja:

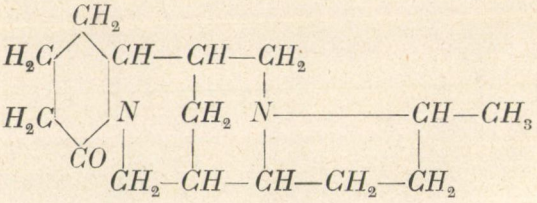


ezt a felfogást azonkívül még a lupanin és a matrin alkaloidokkal való szoros szerkezeti összefüggés is alátámasztja. Karrer és

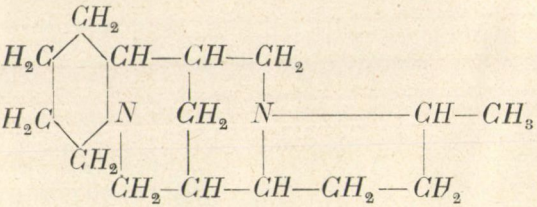
munkatársai (C. 1931. I. 466, illetve Helv. chim. Acta 13. [1930] 1292—1308) leírnak egy spartein α-jódmethylátot és egy jódmethylsparteinjódhydrátot és lebontják egészen egy $C_{15}H_{32}$ paraffin szénhydrogénig, amelyet szintézissel előállítani azonban eddig nem sikerült. Clemo, Ramage és Raper (C. 1932. I. 1538, illetve Journ. Chem. Soc. London, 1931, 3190—200) a csillagfürt alkaloidokkal végzett lebontó és szintétikus kísérleteik alapján tagadják a fenti sparteinképletet. James Fitton Couch (C. 1932. II. 222, illetve Journ. Amer. Chem. Soc. 54 [1932] 1691) a *Lupinus barbiger* leveleiből és szárából is izolált sparteint; megadja a fizikai állandókat és leírja a következő sókat: pikrát (olv. p. 205°), chloroplatinat (olv. p. 248°), $C_{15}H_{26}N_2.2HBr.H_2O$ (olv. p. 197°), jódmethylát: $C_{15}H_{26}N_2.CH_3J$, alkoholból kristályok, olvad. pontjuk 239—40°. Winterfeld és Holschneider (C. 1933. I. 1627, illetve Liebig Annal. 499 (1932), 109—122) a csillagfürt lupininjének a szerkezetét:



az alapját képező norlupinangyűrűnek, az úgynevezett oktohydropyridocolin szintézisével igazolják; amelyhez úgy jutottak el, hogy pikolinsavesztert kondenzáltak *N*-methyl-α-pyrrolidonnal. Minthogy pedig ez a gyűrű a sparteinben, a lupaninban és a matrinben is előfordul, következik, hogy az alkaloidok gyűrűrendszerének ezen része szerkezetileg meg van határozva. Clemo G. R. és Raper R. (C. 1933. II. 1877, illetve J. Chem. Soc. London 1933, 644), továbbá Ing R. (C. 1933. II. 880, illetve J. Chem. Soc. London 1933, 504) szerint az *Anagyris foetida* alkaloidok közel állnak a lupinusbázisokhoz és így sparteinhez is, amely utóbbi hexahydrodesoxyanagyrinnek volna tekinthető:



lupanin

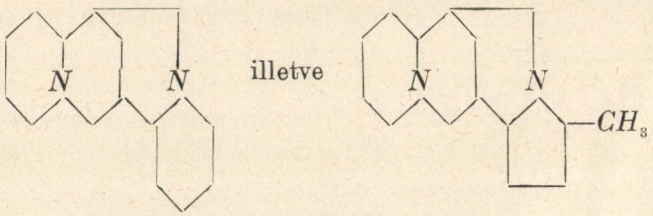


spartein

Orechoff A., Rabinowitch M. és Konowalowa E. (C. 1933. I. 3945, illetve Ber. 66, [1933] 621) egy középázsiai gazban, a *Sophora pachycarpá*ban 3% alkaloidot találtak; ezek közül az egyik a «pachycarpin», valószínűleg azonos a d-sparteinnel; közvetlen összehasonlítás azonban nem volt lehetséges, mivel a *d*-sparteint eddig nem találták meg a természetben, a természetes *l*-sparteint pedig nem sikerült eddig racémás alakjába átvinni, azaz optikailag inaktív izomérjét előállítani. Winterfeld K. és Rauch C. (C. 1934. II. 1129, illetve Arch. Pharm. 272, 273—90) a sparteinre vonatkozó IV. publikációjukban csatlakoznak az Ing által (C. 1933. II. 880) ajánlott szerkezeti felfogáshoz, miután sikerült az α-methylpyrrolidingyűrűnek 2. kapcsolódási helyét a norlupinanmaghoz kísérleti úton is bebizonyítani. A C_4H_9-többlet, amelyben különbözik a spartein a cytisintől, Clemo szerint egy hozzákapcsolt piperidin-, Winterfeld és Ing szerint pedig egy α-methylpyrrolidingyűrű, amelyet W. a dehydrospartein lebontási termékei között konstatált, ez utóbbi: —$C_{15}C_{24}N_2$ — pedig sparteinből keletkezik merkuriacetátos oxydációra és katalytikus redukcióval ismét visszaalakítható sparteinné. A dehydrospartein mellett rendesen didehydrospartein is keletkezik; mégpedig két izomér — α és β — alakban, amelyek közül az első kristályos — 106°-on olvadó tűk —

a β-$C_{15}H_{22}N_2$ pedig színtelen olajos test, amely a levegőn azonnal elgyantásodik. Az izomérek elválasztása a bisulfáton, illetve perchloráton keresztül sikerült. Az α-didehydrospartein a palládiumos redukciónál átmegy α-isosparteinbe, egy kristályos, sublimálható, 118°-on olvadó testbe, amely sóiban eltér ugyan némileg a természetes sparteintől, de egyezik vele forgatása irányában, azaz, hogy balraforgató. Hasonló eljárással készíthető a β-didehydróból, egy β-isospartein, egy olajos anyag, amely gyengébben, de szintén balra forgat, úgy mint az α-izomérje. Talán azonos Clemo *d*-sparteinjével. Ing H. Raymond (C. 1935. II. 2958, illetve J. chem. Soc. London, 1935. 1053) az *Anagyris foetida* alkaloidjaival foglalkozó II. közleményében említi, hogy ebben a növényben cytisin és anagyrin mellett kevés *N*-methylcytisin és *d*-spartein is előfordul, amely szerinte hexahydrodesoxyanagyrin és a végső anyalúgokból monoperchlorátja alakjában lett izolálva és $[\alpha]^{19}=+13{\cdot}8°$-ot polarizált alkoholos oldatban; adott egy monojódhydrátot, amely 232—233°-on olvadt. Orechoff A. és Norkina S. (C. 1935. I. 402, illetve Ber. 67. [1934] 1845) az *Anabasis aphylla* alkaloidjaival foglalkozó tanulmányukban újból megerősítik, hogy az aphyllidin elektrochemiailag redukálva átmegy egy $C_{15}H_{26}N_2$ összetételű bázisba, amely azonosnak bizonyult a nemrég izolált pachycarpinnel, ez viszont azonos az anagyrisből Ing által elektrolyt hydrogénnel előállított $C_{15}H_{26}N_2$-vel, amelyet ő *d*-sparteinnek tart. Ilyenformán beigazolódott a szerkezeti összefüggés aphyllin, anagyrin és lupanin között, amelyek valamennyien sparteinszármazékok; ellenben a sophora alkaloidok: matrin, sophocarpin stb., úgy látszik, más sorozatba tartoznak, mivel az elektroredukciónál a sparteintől különböző $C_{15}H_{26}N_2$ összetételű bázisokat adnak. Eddig a szakirodalom, amelynek tanulmányozásából szükségkép arra a következtetésre kell jutnunk, hogy a spartein is azok közé az alkaloidok közé tartozik, amelyeknek a szerkezete végérvényesen ma sincs még eldöntve, mert ha csak a legújabb, kísérletileg legjobban alátámasztott strukturképleteket vesszük is tekintetbe, még mindig lényeges differenciák vannak a német és az angol kutatók felfogásai között, nevezetesen abban, hogy a négygyűrűs rendszernek 4. tagja piperidin, vagy pedig methylpyrrolidingyűrűnek tekintendő-e:

I. II.



Ez a különböző felfogás kell hogy visszatükröződjék a két tertiér nitrogénatomnak a differenciáló alkylezésnél tanusítandó magatartásában is. Mert míg I. szerint mindkét *N*-atom két-két piperidingyűrűben közös, másszóval kötési viszonyaiban is aligha különbözik egymástól, addig II. szerint már lényegesebb különbség van a két nitrogénatom kötési viszonyaiban, amennyiben csak az egyik közös egy naphtalinszerűleg kondenzált dipiperidingyűrűben, míg a másik egy ugyancsak naphtalinszerűleg kondenzált piperidinmethylpyrrolidin-rendszerben közös. Ennek alapján az I. alatti felfogás szerint csak egy — ellenben II. szerint kétféle — monojódmethylátnak a keletkezése volt előrelátható. Eddigi kísérleti eredményeim nagyjában egyeznek az eddig ezen a téren és ebben az irányban végzett kutatásokkal,[1] de határozott választ arra a kérdésre, hogy a legújabban megvitatott és ajánlott sparteinképletek között melyik a helyes és elfogadható, ezek sem tudtak adni. Sikerült eddig a következőket megállapítanom: spartein nemcsak egy, hanem két molekula jódhydrogént is képes megkötni, másszóval létezik egy mono- és bijodhydrat, $C_{15}H_{26}N_2.(HJ)_2$. Az irodalomban eddig csak egy sparteindibrómhydrátot írtak le, $C_{15}H_{26}N_2(HBr)_2.H_2O$, mégpedig egy amerikai szerző, Jam. Fitt. Couch, a Journ. Amer. Chem. Soc. 54. (1932) évfolyamának 1691. és következő lapjain.

Egészen sajátos és jellemző az alkaloid viselkedése jódmethyllel szemben; mert akár közönséges hőnél hosszabb idei állásnál és a kémszer nagy feleslegével, akár pedig magasabb hőre nyomás alatt

[1] Stenhouse: Ann. d. Chem. u. Pharm. 78, 15 (1851); Ahrens: Ber. 20, 22, 18 (1887); 21, 825 (1888); 24, 1095 (1891); 25, 3607 (1892); 26, 3035 (1893); 30, 195 (1897); Bamberger: Liebigs Ann. 235, 376 (1886).

való hevítéssel mindig csak egy és ugyanaz a sparteinmonojodmethylát keletkezik, amiből szükségkép arra kell következtetni, hogy a két nitrogénatom nem teljesen egyforma, hanem különböző kötési viszonyok között eltérő funkciókkal szerepel a spartein molekulájában. Még szembetűnőbb lesz ez a különbség, ha az alkaloidnak a differenciáló alkylezéssel szemben való viselkedését vizsgáljuk. Már BAMBERGER [1] majd SCHOLTZ és PAWLICKI [2] megfigyelték azt, hogyha sparteint jodmethyllel methylalkoholos vagy jodaethyllel etilalkoholos oldatban, a forró vízfürdőben hevítünk, nem a várt dijodalkylat, hanem sekundér reakció folytán egy $C_{15}H_{26}N_2.CH_3J.HJ$, illetve $C_{15}H_{26}N_2.C_2H_5J.HJ$ összetételű sószerű addiciós termék képződik, amely azonosnak bizonyult a más úton, sparteinjodhydrátból és jodmethyl-, illetve aethyllel kapott vegyületekkel, annyival is inkább, mivel az ezen különböző úton nyert sókból lúggal leválasztott sparteinmonojodalkylátok is identikusok voltak. Ezt a kísérleti tapasztalatot csak úgy lehetne magyarázni, hogy vagy feltesszük azt, hogy a két nitrogénatom kötési viszonyai egyformák, szóval egyenrangúak, vagy pedig úgy, hogy elfogadjuk, hogy ezen nyomás alatt 100°-nál végbemenő reakcióknál helycsere történik a HJ és a CH_3J, illetve C_2H_5J között, vagy pedig másfajta előre nem látott atomátcsoportosulás következik be. Az első feltevést a fennt említett okoknál fogva és azért sem tartom valószínűnek, mivel SCHOLTZ és PAWLICKInek sikerült a halogénalkylek behatása sorrendjének a felcserélésével, továbbá magasabb hő alkalmazásával izomér

$$C_{15}H_{26}N_2\begin{matrix}CH_3J\\C_2H_5J\end{matrix}$$

illetve

$$C_{15}H_{26}N_2\begin{matrix}C_6H_5.CH_2J\\CH_2J.COOCH_3,\end{matrix}$$

vegyes dihalogénalkylátok birtokába jutni. Ha ezekhez a szép eredményekhez hozzávesszük még a saját kísérleti tapasztalatai-

[1] L. c.

[2] Archiv d. Pharm. 242 (1904), 513.

mat, amelyekből kitűnik, hogy a differenciáló alkilezés — amely a china kémiában oly szép eredményeket adott — a spartein esetében csak azt igazolta, hogy a két nitrogéncentrum bázikusság tekintetében lényegesen különbözik: úgy a két fennt közölt legújabb szerkezeti képlet között is azt kell előnyben részesíteni, amely ezt a különbséget lehetőleg strukturkémiailag is feltünteti.

KISÉRLETI RÉSZ.

Jódmethylspartein.

$$C_{15}H_{26}\begin{matrix}\diagup\!\!\!\diagup N \\ \diagdown\!\!\!\diagdown N.CH_3J.\end{matrix}$$

A spartein monojódmethylátját, amely a halogénalkylt a bázikusabb nitrogénatomhoz kötve tartalmazza, már az első kutatók, akik ezzel az alkaloiddal foglalkoztak, előállították,[1] de foglalkoztak ezzel a származékkal az újabb időkben is.[2] Ezekhez a régi és újabb keletű előírásokhoz a magam részéről csak néhány tapasztalatot akarok hozzáfűzni: ha a sparteinsulfátból[3] lúggal leválasztott és éterbe felvett szabad bázist ebben a lúgtól mentesített és klórkalciummal víztelenített oldatban hozzuk össze feles jódmethyllel, az addiciós termék gyakran elpiszkolódik és nehezen kristályosítható. Miután a CCl_4 sem bizonyult sokkal jobbnak, ismét csak a benzolhoz tértem vissza, amelyet a hydrochinabázisoknál többnyire sikerrel alkalmaztam és a szabad sparteint vagy közvetlen, vagy pedig az éter elűzése után feloldottam benzolban és feles CH_3J-al rendesen éjjelen át sötét helyen magára hagytam. Másnapra az edény fenekét rozettákba csoportosult remek, hófehér és üvegfényű tűalakú kristályok borítják. Szűrőre visszük, benzollal kimossuk; majd ennek elűzése után nagyon kevés forró vízből csontszénnel átkristályosítjuk. A vizes oldatot exsikatorban kénsav

---

[1] BAMBERGER: Annal. 235, 369. HERZIG és MEYER: Monatshefte f. Chem. 16, 601.

[2] SPÄTH: Ber. 64 (1931), 1127.

[3] A sparteinsulfátot a «Ver. Chinin Fabr. Zimmer & Co» bocsátotta rendelkezésemre, amiért nevezettnek e helyen is köszönetet mondok.

alatt koncentrálva majdnem színtelen kristályokat kapunk, amelyeket a szűrőn éterrel kimosva, először exsikatorban, majd 110—120°-on szárítunk. Olvadáspontjuk több ízben meghatározva, nem nevezhető élesnek, amennyiben 230, 233, sőt 238°-ot is találtam. Más szerzők 222—225°-ot (HERZIG és MEYER), 235°-ot (SPÄTH) adnak meg; éppen ezen ingadozások miatt — amelyek, úgy látszik, nemcsak az anyag kisebb vagy nagyobb tisztasági fokától, hanem a hevítés tempójától is függnek — BAMBERGER nem is közöl olvadáspontot, pedig az ő anyaga az elemzés alapján vegytiszta volt.

Elemzés: 0·1075 g, 120° szár. anyag adott 0·0668 g, jódezüstöt; ebből a jód (talált érték) = 33·58%. A $CH_3J.C_{15}H_{26}N_2$ képletben a jód (számít. érték) = 33·78%.

Ugyanaz a monojódmethylát keletkezik, ha a szabad sparteint feles jódmethyllel, akár oldószer nélkül, akár pedig hydroxylmentes oldószerben — kísérleteimnél benzolt használtam — beforrasztott csövekben, a forró vízfürdőben 1—2 óráig hevítjük; amiből szükségkép arra kell következtetni, hogy ilyen körülmények között is — azaz 100°-on és nyomás alatt — csak az egyik nitrogénatom veszi fel a halogénalkylt, amely már közönséges hőnél is képes vele egyesülni, míg a másik — természetesen kevésbbé bázikus N — passiv marad vele szemben. Ezen kísérleti tapasztalataim megegyeznek BAMBERGERnek ötven évvel ezelőtt tett megfigyeléseivel.[1]

A spartein jódhydrátjai.

$C_{15}H_{26}N_2.HJ$ és $C_{15}H_{26}N_2.(HJ)_2$.

A spartein mint biterciér bázis, savakkal két sósorozatot képez. Legismertebb ezek közül a sparteinsulfát, $C_{15}H_{26}N_2.H_2SO_4+5H_2O$; színtelen vízben rendkívül könnyen oldható kristályok; egyben az alkaloid gyógyszer orvosi alkalmazásának a rendes formája. A monojodhydrát régóta ismeretes már, míg a kétszer savanyú sóról a szakirodalom csak annyit említ (BAMBERGER l. c.), hogy sparteinből és vizes jódhydrogénsavból képződik mint gyantás csapadék, amely alkoholos oldatban csontszénnel forralva, hosz-

[1] Annal. 235 (1886), 350, 71.

szabb állás után selyemfényű vavellitszerű tűalakú kristályokban rakódik le; vízben nehezen, valamivel könnyebben alkoholban oldható. Elemzést azonban szerző nem közöl. Ezzel szemben én a sparteinbijódhydrátot mint vízben rendkívül könnyen és erősen savanyú reakcióval oldható kristályos testet kaptam közvetlen a sulfátból, mégpedig úgy, hogy annak tömény vizes oldatát két molekula jódkáliummal elegyítettem. Kezdetben nincs csapadék, de ha az edény fenekét üvegbottal karcoljuk, csakhamar nehéz, fehér kristályos csapadék képződik és ülepszik le. Kis idő mulva szűrőre visszük, kevés vízzel mossuk és exsikatorban kénsav alatt kiszárítjuk. A kristályok anyalúgja csakhamar megsárgul és másnapra már fekete amorph csapadékot (jódtartalmú bomlástermék) választ ki. A kristályok is nagyon kevés forró vízben oldva, másnapra szintén fekete amorphcsapadék leválása közben bomlást szenvednek, miért is az át nem kristályosított terméket voltam kénytelen megelemezni; de így is, bár 0·6% jódhiánnyal megkaptam a sparteinbijodhydrát halogéntartalmát.

Elemzés: 0·1622 g, 110° szár, anyag adott 0·1536 g jódezüstöt; ebből a jód (talált érték) = 51·18%. A $C_{15}H_{26}N_2.(HJ)_2$ képletben a jód (számít. érték) = 51·83%.

Az elemzett kristályoknak nincs éles olvadáspontjuk, hanem 250—270° közt lassan olvadnak, illetve bomlanak; míg a sparteinmonojódhydrát olvadáspontját számtalan esetben 232—233°-nál állapítottam meg. Ezt a sót, amelyre a következő kísérletekhez szükségem volt, úgy állítottam elő, hogy a frissen leválasztott és éterben felvett szabad sparteinbázist feloldottam pontosan egy molek. normálsósavban és egy molek. KJ-val leválasztottam a jódhydrátot hófehér csapadék alakjában, amelyet azonnal le kell szűrni (különben a levegőn jódkiválás közben csakhamar sötétszürke lesz) és kevés forró vízből csontszénnel átkristályosítani. Az így kapott oldatokból rendesen csak a kénsavexsikatorban való fokozatos besűrítés után válik ki a só színtelen fínom tűalakú kristályok alakjában, amelyek idő mulva nagy prizmákká és táblákká növik ki magukat. Ha ezt a tiszta primér jódhydrogénsavas sparteint feloldjuk kevés absolut methanolban és feles jódmethyllel sötét helyen és szobahőmérsékleten magára hagyjuk, napok mulva sem mutatkoznak kristályok; ha azután a methanolt

vízfürdőn elűzzük és a szilárd maradékot kevés forró vízből csontszénnel kristályosítjuk, színtelen tűket vagy prizmákat kapunk, amelyek olvadáspontjuk — 232° — és elemzésük alapján nem egyebek, mint a változatlan kiindulási anyag, a sparteinmonojódhydrát.

Elemzés: 0·0786 g 120° szár. anyag adott 0·0507 g jódezüstöt; amiből a jód (talált érték) = 34·86%. A $C_{15}H_{26}N_2.HJ$ képletben a jód (számít. érték) = 35·08 %. Ebből a kísérleti eredményből tehát világos, hogy a sparteinjódhydrát második — még szabad — nitrogéncentruma közönséges hőnél éppúgy nem veszi fel a jódmethyl elemeit, mint a chinaalkaloidok megfelelő jódhydrogén sói.

Jódmethylspartein jódhydrát.

$$C_{15}H_{26}\begin{matrix}N.HJ\\ N.CH_3J.\end{matrix}$$

A fentebb leírt sparteinmonojódhydrátból kiindulva, számtalan kísérletet végeztem ezen sónak előállítására a végből, hogy lúggal elbontva a keletkezett jódmethylátot összehasonlíthassam a szabad sparteinből jódmethyllel könnyen keletkező jódmethyllátttal és a két különböző úton nyert termék azonos vagy izomér voltából következtetést vonhassak az alkaloid két nitrogén atomjának kötési viszonyaira, illetve magának a sparteinnek a szerkezeti képletére is, amely még ma is vita tárgya. Eddigi kísérleteimből kitűnik, hogyha a vegytiszta, száraz és helyesen 232°-nál olvadó jódmethylátot oldószer nélkül feles jódmethyllel bombacsőben a forró vízfürdőben két óráig hevítjük, csak a változatlan kiindulási anyagot kapjuk vissza, amely a szokásos tisztítás és kristályosítás után 231—233°-nál olvadt és az elemzésnél is a helyes értéket adta.

Elemzés: 0·2054 g 120° száraz anyag adott: 0·1334 g jódezüstöt, amiből a jód (talált érték) = 35·10%. A $C_{15}H_{26}N_2.HJ$ képletben a jód (számít. érték) = 35·08%. Ha pedig oldószert is alkalmazunk és például 2 g vegytiszta sparteinjódhydrátot egy mol.-nál valamivel több CH_3J-vel és 4—5 ccm absolut methanollal hevítjük, akkor is (az igaz, hogy tetemes jódleválás mellett), végül csak a változatlan kiindulási anyag került ki a bombacsőből, 35·78. il-

letve 35·28% jódtartalommal. Tehát a keresett $HJ.C_{15}H_{26}N_2.CH_3J$-vegyület ilyen körülmények között sem keletkezett, vagy ha keletkezett is, annyira nem állandó, hogy már a tisztítási és kristályosítási processusok alatt elbomlott. Hogy ez az utóbbi feltevés nem légből kapott, ennek bizonyítására álljon itt még a következő quantitatív kísérlet: 421 miligram vegytiszta sparteinjódhydrátot absolut methanollal és feles jódmethyllel bombacsőben két óráig a forró vízfürdőben hevítettem; a csőből a tiszta sárgásvörös oldatot quantitatív átmostam egy kalibrált csészébe; az alkoholt a vízfürdőn elűztem és a kissé gyantás szilárd maradékot 100°-nál szárítva mértem és találtam 592 miligramot. A theoria egy molek. jódmethyl felvétele esetében 586 miligram. Ez a nyers eredmény világosan szól a mellett, hogy a sparteinjódhydrát ilyen körülmények között a még szabad nitrogén atomján tényleg megköti a jódmethyl elemeit; de hogy ez a kötés mennyire laza, azt megmutatja ezen nyers addiciós termék, amely már a levegőn jódleválás közben ibolyás-fekete lesz, további feldolgozásának az eredménye pedig, az étermosás, erős ammoniákkal való eldörzsölés, forró vízből való kristályosítás után nem volt más, mint a változatlan kiindulási anyag, a sparteinmonojódhydrát; az ismert üvegfényű kristályok 233—234°-on olvadtak és az elemzésnél a helyes jódértéket adták.

Elemzés: 0·0716 g 110° száraz anyag adott: 0·0465 g jódezüstöt, amiből a jód (talált érték) = 35·10%. A $C_{15}H_{26}N_2.HJ$ képletben a Jód (számít. érték) = 35·08%.

Miután ezek a kísérleti eredmények, jobban mondva balsikerek, meggyőztek arról, hogy ezen az úton, t. i. a sparteinjódhydrátból kiindulva, egy állandó jódmethylátjódhydráthoz jutni nem lehet, véletlenül mégis csak sikerült egy ilyen összetételű állandó származékot előállítanom. Midőn ugyanis a sparteindijódmethylát készítése végett a szabad bázist feles jódmethyllel és néhány köbcentiméter absolut methanollal bombacsőben 1—2 óráig a forró vízfürdőben hevítettem, vörösszínű tiszta oldatokat kaptam, amelyeknek szilárd maradékából többszörös — vízből és methanolból való — kristályosítás után, végül színtelen üvegfényű kristályok kerültek ki, amelyek 230—232° közt pezsegve olvadtak és az elemzésnél egy sparteinjódhydrátjódmethylát összetételét mutatták.

Elemzés: 0·1807 g 110° száraz anyag adott: 0·1690 g jódezüstöt, amiből a jód (talált érték) = 50·54%.

Elemzés (másik kísérletből): 0·1278 g 110° száraz anyag adott: 0·1188 g jódezüstöt, amiből a jód (talált érték) = 50·24%.

A $CH_3J.C_{15}H_{26}N_2.HJ$ képletben a jód (számít. érték)=50·40%. Szóval a várt dijódmethylát helyett — amelynek jódtartalma csak 49·03% - a jómethylátjódhydrát keletkezik; mégpedig két különálló kísérletben, külön-külön elemzéssel megerősítve. Ugyanezt a sajátságos és úgy látszik, hogy a sparteinre jellemző magatartást BAMBERGER [1] is megfigyelte már, amidőn a sparteint jódethyllel és absolut alkohollal 100°-ra hevítette, sőt előtte STENHOUSE és MILLS is.[2] Ezt a kísérleti tapasztalatot csak úgy magyarázhatjuk, ha feltesszük, hogy a jódmethylből és a methanolból ilyen körülmények között jódhydrogénsav keletkezik:

$$CH_3J + HO.CH_3 = HJ + CH_3 — O — CH_3,$$

amely azután keletkezése pillanatában az egyik, még nem methylált nitrogénatomot közömbösíti. Hogy ez valóban így van, a mellett bizonyít még az a tapasztalat is, hogy a teljesen kihűlt bombacsövek kis nyomás alatt nyitódnak, amely ez esetben mástól, mint a gázalakú methylétertől nem származhatik. Hogy már mostan a két lehetőség közül melyik következik be, vagyis a methylálás és a sóképzés milyen sorrendben történik, arra ezidőszerint határozott választ adni nem lehet, mert csak egy ízben sikerült a jódmethylátjódhydrát kristályait ammoniákkal elbontva, egy olyan termékhez jutnom, amely a szokásos tisztítás és kristályosítás után valamivel magasabban — 238—240° között — olvadt, mint a közönséges jódmethylspartein, de az elemzésnél ennek az összetételét mutatta.

Elemzés: 0·0287 g 110° száraz anyag adott: 0·0180 g jódezüstöt, amiből a jód (talált érték) = 33·89%. A $C_{15}H_{26}N_2.CH_3J$ képletben a jód (számít. érték) = 33·78%.

Midőn ezt az elemzett anyagot körülbelül ugyanannyi benzolban hidegen előállított jódmethylsparteinnel bensőleg összekevertem és a keveréknek, valamint az utóbbi egy tiszta próbájának

[1] Annal. 235, 371.
[2] Annal. 125, 171.

egyszerre határoztam meg az olvadáspontját, számottevő depressziót nem észleltem, mert úgy a keverék, mint a tiszta anyag is 230—235° közt olvadt. Ebből a kísérletből arra lehetne következtetni, hogy a két különböző úton előállított jódmethylspartein nem izomér, hanem identikus vegyület; amiből tovább az következnék, hogy az alkaloid két nitrogénatomja teljesen egyenértékű és így kötési viszonyaiknak is egyformáknak kellene lenniök. Döntő erejűnek azonban ezt a kísérleti bizonyítást csak fenntartással lehet elfogadni, azon oknál fogva, mivel először is kétséges, hogy a jódmethyl a két nitrogénatom közül melyikhez kapcsolódott, továbbá az összes itt észlelt olvadáspontok — jódhydrát, jódmethylát és jódhydrátjódmethylát — oly közel esnek egymáshoz (230—240° között), hogy erre az egy fizikai állandóra messzemenő következtetéseket alapítani — véleményem szerint — nem lehet. Nyitva marad egyelőre tehát az a kérdés is, hogy a bevezetésben felhozott két szerkezeti képlet közül melyik felel meg jobban a spartein sajátságos viselkedésének a differenciáló alkylezésnél, mert az eddig elért eredmények egyformán jól vagy rosszul magyarázhatók mindkettővel. További kísérleteknek kell itt a végleges döntést meghozniok. A legújabb literatura[1] is azt bizonyítja, hogy még ezek a képletek sem véglegesek, úgyhogy a spartein szerkezetének kérdésében még nem hangzott el az utolsó szó.

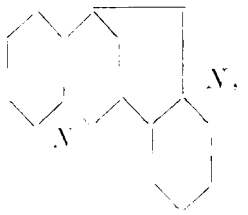
[1] Clemo: J. Chem. Soc. London, 1936, 1025.

(A M. T. Akadémia III. osztályának 1936. okt. 12-én tartott üléséből.)

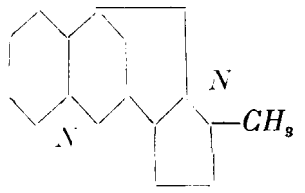
BEITRÄGE ZUR CHEMIE DES SPARTEINS.

Von K. M. FRITZ v. KONEK.

Der Vortragende berichtet nach einem kurzen Referat über die reichhaltige Sparteinlitteratur, von seinen eigenen Versuchen, welche das Ziel verfolgten, mit Hilfe seiner differenzierenden Alkylierungsmethode, zwischen den neuesten Strukturformeln von CLEMO, ING einerseits, und WINTERFELD andererseits:



Clemo



Winterfeld

eine Entscheidung zu treffen. Seine bisher erzielten Resultate lassen sich jedoch mit beiden Formelbildern in Einklang bringen, so dass eine endgültige Entscheidung weiteren Versuchen vorbehalten bleibt, umsomehr, als auch die oben erwähnten Strukturformeln — nach den allerletzten Litteraturberichten zu urteilen — noch keine endgültigen zu sein scheinen.

(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften vom 12. Okt. 1936.)

A HYDROCINCHONIN VAGY CINCHOTIN JÓDMETHYLÁTJAI.[1]

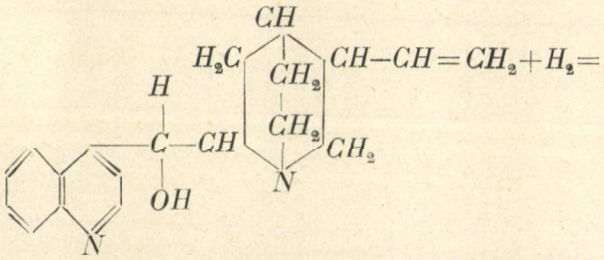
KONEK FRIGYES l. tagtól.

A hydrocinchonin vagy cinchotin (régebbi sinonimák: cinchotinin, iso- és pseudocinchonin) előfordul a természetes chinakéregben; ott figyelték meg először CAVENTOU és WILLM, azonban tévesen a cinchonin egy permanganátos oxidációs termékének tartották. SKRAUP szerint a nyers cinchoninsulfátban is előfordul. ARLT (M. 20. 223—236) úgy jutott hozzá, hogy a HESSE-féle cinchonin sósavaddiciós termékében a halogént kicserélte hydrogénnel. Előállítására legjobb kiindulási anyag a *Remijia Purdieana* kérge, amelyben a hydrobázis aránylag nagy mennyiségben szokta a cinchonint kísérni. A belőle nyert báziskeveréket $^1/_4$ mol. felesleg híg sósavban oldják és platinchloriddal kicsapják; az először keletkezett pelyhes csapadék azonban csakhamar elkülönül a cinchonin szemcsés és a hydrocinchonin pelyhes platinkettőssójára, amely az előbbitől üllepítéssel így könnyen elválasztható. Sokkal egyszerűbbnek és főleg sokkal olcsóbbnak látszik a cinchotinnek, a nyers cinchoninsulfátból olyanformán való előállítása, hogy ezt a sót híg oldatban és hidegen chaméleonnal kezeljük, amely csak a cinchonint támadja, illetve oxydálja, míg a hydrobázist változatlanul hagyja. Ma már a cinchotint kizárólag a cinchoninból készítik katalytikus hydrogénezéssel, amelynek folyamán ennek telítetlen vinylgyöke felvesz két atom hydrogént és átmegy a telített aethylcsoportba. A 989,664. számú amerikai és a 234,137. számú német

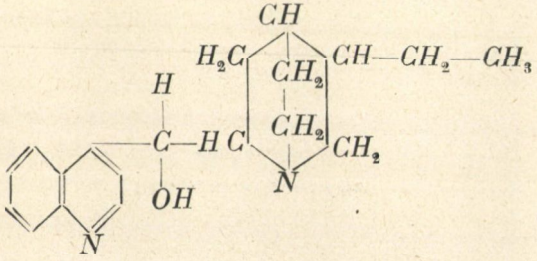
---

[1] IV. közlemény a differenciáló alkylezésnek más biazótos alkaloidokra való kiterjesztéséről. — III. közlemény: «A chinidin és hydrochinidin jódmethylátjai». Mat. Termtud. Ért. LIV. köt. (1936) 821—829.

birodalmi szabadalomban (lásd: FRIEDLÄNDER, Fortschritte der Teerfarbenfabrikation, Band X, 1204) közölt előírás szerint sikerül a hydrogénfelvételt a telítetlen vinyloldalláncra lokalizálni, míg más hydrálási módszerek alkalmazásával a cinchonin a pyridingyűrűben is vesz fel hydrogént és tetra- és hexahydroszármazékok is keletkeznek, mint például szerzőnek natrium és amylalkoholos eljárásával. A katalytikus hydrogénezéssel előállított dihydrocinchonint úgy választják el a változatlanul maradt cinchonintól, hogy a bisulfátot, illetve a jódhydrogénsót különféle oldószerekből frakcionálva kristályosítják. Cinchotin alkoholból tűalakú kristályokban jegecesedik, amelyek 265—267° közt olvadnak; más szerzők 268, sőt 278°-ot is közölnek. Aetherben oldhatatlan; chloroformban, methanol- és aethanolban még nehezebben oldható, mint a cinchonin. Absolut alkoholban $[\alpha]^{17} = +199°$. $KMnO_4$ eltérőleg a cinchonintól, csak nagyon lassan támadja; sósav vagy kénsav melegítve sem izomerizálja. Sóiban is eltér a cinchonintól. Ha helyesen tesszük fel, hogy a hydrogén megfelelő katalizátor jelenlétében elsősorban a cinchonin telítetlen vinyloldalláncába lép be, akkor az ezen egyenlet:



cinchonin $+H_2=$



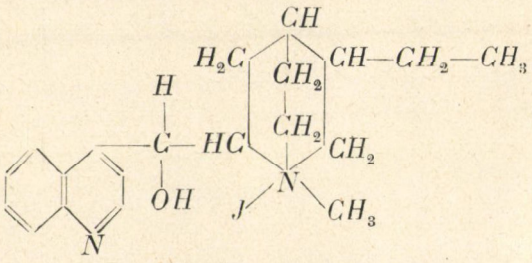
ω-dihydrocinchonin

szerint keletkezett dihydroterméknek is éppúgy bitertiér bázisnak kell lennie, mint az eredeti cinchoninnek, és mivel a két nitrogén atom kötési viszonyaiban a hydrogénfelvétel semmiféle változást nem okozott, fel volt tehető, hogy a hydrobázis a differenciáló alkylezéssel szemben is ugyanazt a magatartást fogja tanúsítani, mint a cinchonin maga és a többi ez irányban már megvizsgált chinabázis, hogy t. i. ezen eljárással két különböző színű és tulajdonságú — egy színtelen chinuclidin- és egy színes chinolinjodmethylát — lesz belőle előállítható. Kísérleteim eddigi eredményei ezen feltevés helyességét igazolták, bár a sárgaszínű hydrocinchoninmethyljodidnak teljesen tiszta állapotban való előállítása mindezideig nem sikerült.

KÍSÉRLETI RÉSZ.

Jódmethylhydrocinchonin.

$CH_3J.C_{19}H_{24}N_2O$;



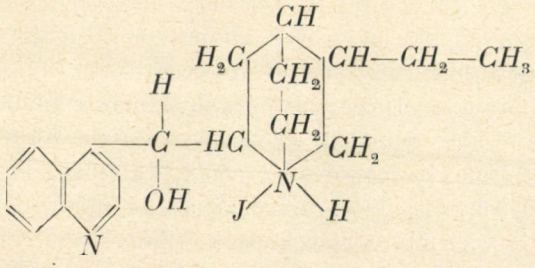
A kísérleteimhez felhasznált hydrocinchonin a «Vereinigte Chininfabriken Zimmer et Co.» Frankfurt am Main gyárából származott, illetve annak szabadalmazott eljárása szerint cinchoninból készült katalitikus hydrogénaddicióval. Mivel a hydrocinchoninnek pharmakológiai értéke úgyszólván alig van, ma már gyárilag nem is készítik: a kiindulási anyagnak beszerzése rendkívüli nehézségekkel járt és végül csak úgy volt lehetséges, hogy a fent említett gyár vezetősége a birtokában levő, mindössze néhány grammnyi mennyiséget a legnagyobb készséggel rendelkezésemre bocsátotta. Kitüntető szívességéért e helyen is hálás köszönetet mondok. Az így birtokomba került kristályos hydrocinchonin 267—268°-on olvadt

és egyéb tulajdonságaiban is egyezett az irodalomban található és cinchotinre vonatkozó adatokkal. Organikus oldószerekben még nehezebben oldható, mint a cinchonin. Sok próbálgatás után a hydrocinchonin első jódmethylátjának előállítására a következő eljárás bizonyult célravezetőnek: 500 miligram hydrobázist feloldunk 50 ccm forró basolut methanolban (ennyi kell); az oldatot lehűtjük és még mielőtt a kristályosodás megindulna, hozzámérünk 0·5 g (több mint egy mol.) frissen desztillált jódmethylt és jól eldugaszolt üvegben sötét helyen állni hagyjuk. Mivel napok mulva sem mutatkoztak kristályok, a methanolt vízfürdőn ledestilláljuk és a kristályos, gyengén sárga színű maradékot forró vízből kevés csontszénnel átkristályosítjuk. A szűrletből azonnal színtelen fínom tűalakú kristályok alakjában vált ki az új vegyület; hosszabb állás után lenutsoljuk, kevés vízzel mossuk és exsikatorban kénsav alatt megszárítjuk. Ilyen állapotban 257°-on olvadnak a nyilt kapillárisban, teljes bomlás közben [1] és az elemzésnél a jódmethylhydrocinchonin megkívánta jódtartalmat adták.

Elemzés: 0·1026 g exsik. száranyag adott 0·0546 g jódezüstöt; ebből a jód (talált érték) = 28·76%. A $CH_3J.C_{19}H_{24}N_2O$ képlet szerint a jód (számít. érték) = 28·99%.

Hydrocinchoninmonojódhydrát.

$HJ.C_{19}H_{24}N_2O$:

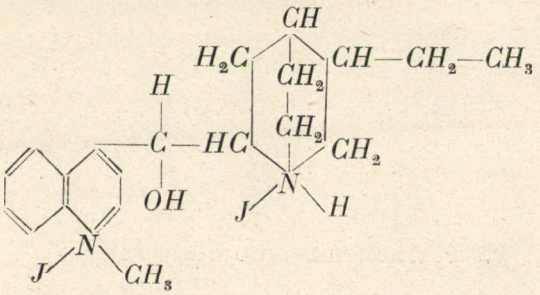


[1] ARLT (Monatshefte für Chemie XX. 433) egy azonos összetételű jodmethylcinchotint ír le a maga előállította cinchotinból és CH_3J-ból melegítéssel; olvadáspont 244—246; így tehát kétséges, hogy az ő vegyülete azonos-e az én jodmethylhydrocinchoninommel, amely 257°-nál olvad; 11—13° differencia nem igen lehet thermométer- vagy tempóhiba.

Ezen só előállítása céljából 1 g hydrobázist oldunk 1 mol.— 7 ccm $\frac{n}{2}$ sósavban és kb. 10—15 ccm forró vízben; kevés oldhatatlan részt szűréssel eltávolítunk és a kihűlt oldathoz egy mol.— 0·5 g jódkaliumnak koncentrált vizes oldatát adjuk, mire rögtön hófehér félszilárd csapadék alakjában kiválik a jódhydrát, amely folytonos karcolásra egész tömegében megszilárdul. Hosszabb állás után lenutsoljuk, vízzel kimossuk és exsikatorban kénsav alatt, majd 110°-on teljesen kiszárítjuk. Így előkészítve a só elég tiszta és további kísérletekhez felhasználható.

A hydrocinchoninmethyljodid jódhydrogénsavas sója.

$HJ.C_{19}H_{24}N_2O.CH_3J$:



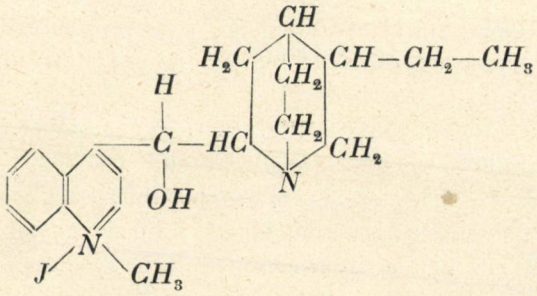
Ez az eleven sárgaszínű só képződik, ha a hydrocinchonin színtelen monojódhydrátját kevés absolut methanollal és egy molekula jódmethyllel beforrasztott üvegcsövekben a forró vízfürdőben 1—2 óráig hevítjük. Az új vegyület már a kihűlt csövek fenekén kristálytömeg alakjában ki szokott válni; a vörös oldatot leöntjük, bepároljuk és a maradékot, valamint a csövekben maradt kristályos részt lehetőleg kevés forró vízben oldjuk, csontszénnel színtelenítjük és szűrjük. A sárga oldat kihűlve sem választ le kristályokat, ha azonban üvegbottal az edény fenekét megkarcoljuk, pillanatok alatt megindul a kristályosodás, mégpedig annyira, hogy az oldat egész tömegében megalvad. Hosszabb állás után lenutsoljuk, exsikatorban kénsav alatt megszárítjuk. Olvadás, illetve bomlási pontjuk a nyilt kapillárisban 238—240° közt

találtatott; de a sárga kristályok már jóval előbb barnulnak, illetve megfeketednek. Az elemzéshez az anyag 110°-nál lett szárítva.

Elemzés: 0·1170 g 110° száraz anyag adott 0·0958 g jódezüstöt, ebből a jód (talált érték) = 44.25°. A $HJ.C_{19}H_{24}N_2O.CH_3J$ képletben a jód (számított érték) = 44·87°.

Hydrocinchoninmethyljodid.

$C_{19}H_{24}N_2O.CH_3J$:



A hydrocinchoninnek ezt a sárgaszínű jodmethylszármazékát, amely abban különbözik az előbb ismertetett színtelen jódmethylától, hogy a halogénalkyl elemeit nem a chinuclidin-, hanem a chinolinfél nitrogénjéhez kötve tartalmazza (l. a mellékelt szerkezeti képletet) vegytiszta állapotban eddig előállítani nem sikerült, dacára a kísérletek hosszú sorozatának, amelyek végül a nehezen hozzáférhető drága kiindulási anyagot teljesen felemésztették. Ezeknek kimerítő ismertetését mellőzve, csak azt az eljárást akarom röviden megemlíteni, amely eddig a legjobb eredményt adta. Az előbb leírt és az elemzésnél tisztának bizonyult jódhydrogénsavas hydrocinchoninmethyljodidot finom poralakban feles erős vizes ammoniákkal jól eldörzsöljük; ekkor a világossárga por első pillanatra sötétbarnás színű olajjá lesz, amely azonban a pisztill alatt csakhamar chrómsárga szilárd testté merevül. Rövid ideig való állás után lenutsoljuk, nagyon kevés vízzel mossuk (abban ugyanis játszva oldódik) és exsikatorban kénsav alatt teljesen megszárítjuk. Ilyen át nem kristályosított, tehát nyers állapotban

az anyag a nyilt kapillárisban hevítve már 115—120°-nál megbarnul, majd feketedik, fokozatosan zsugorodik, míg végül 175—177°-nál végleg elbomlik, szóval olvadáspontja nincs.

Elemzés: 0·1152 g exsik. szár. anyag adott 0·0676 g jódezüstöt; ebből a jód (talált érték) = 31·71%. A $C_{19}H_{24}N_2O.CH_3J$ képletben a jód (számít. érték) = 28·99%.

Ezt a 2·7% talált jódtöbbletet annak tulajdonítom, hogy az elemzett kristályokhoz még egy kevés, a bontásból származó jódammonium tapadhatott, mert vízben olyannyira könnyen oldódnak, hogy mosással ezt a tisztátalanságot eltávolítani nem sikerül. Hogy erről bizonyságot szerezzek, az elemzett anyagot kevés vízzel még egyszer eldörzsöltem, gyorsan szűrőre hoztam, majd exsikatorban kénsav alatt teljesen megszárítottam és újból megelemeztem.

Elemzés: (II) 0·1056 g exsik. szár. anyag adott 0·0620 g jódezüstöt, amiből a jód (talált érték) = 31·73%; míg a $C_{19}H_{24}N_2O.CH_3J$ képlet szerint a jód (számít. érték) = 28·99%.

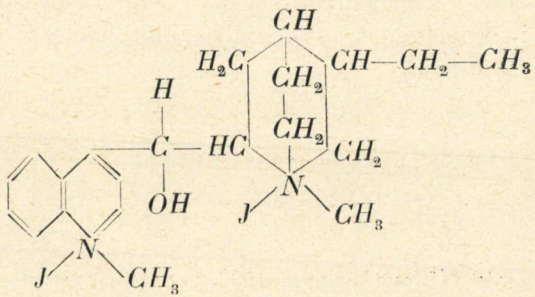
Szóval az eredmény így sem javult, ami azt látszik bizonyítani, hogy a víz úgy a hydrocinchoninmethyljodidból, mint a tisztátalanságként jelenlevő jódammoniumból egyenlő mennyiségeket oldott fel.[1] Más tisztítási és kristályosítási eljárások sem bizonyultak egyelőre célravezetőknek és abba kellett, hogy maradjanak, mivel a rendelkezésemre álló hydrobázis amúgyis csekély mennyiséget ezek a kísérletek teljesen felemésztették. Említendőnek tartom végül még, hogy az ilyen tisztasági fokkal a gyüjteménytárban rendes üvegben elhelyezett néhány miligram sárga jódmethylát már néhány hét mulva elvesztette eleven színét, megfakult, majd teljesen megfeketedett és alaktalan szarunemű anyaggá zsugorodott. Érdekes, hogy a legtisztább cinchoninból

[1] Arlt az ő már fentebb idézett munkájában leír egy cinchotinmethyljodidot, amelyet ő a megfelelő jódhydrátból kapott ammoniákkal, szódával vagy nátronlúggal való bontással, de mindig a theoriánál 8—10%-kal magasabb jódtartalommal és nem éles olvadásponttal (166—178°). Ha elfogadjuk, hogy az ő cinchotinje azonos azzal az ω-dihydrocinchoninnel, amellyel én dolgoztam, úgy a színes jodmethylszármazékokra vonatkozólag is el kell fogadnunk, hogy azok identikus vegyületek.

előállított vegytiszta cinchoninmethyljodid is ugyanezt a magatartást tanúsítja, t. i. idővel szintén elveszti eleven sárga színét és egy-két hónap mulva koromfekete, kemény szaruanyaggá lesz. Ellentétben ezzel a cinchoninaethyljodid — szóval legközelebbi homologja — már évek óta változatlanul tartja magát.[1]

Jódmethylhydrocinchoninmethyljodid. (Hydrocinchonindijódmethylát).

$C_{19}H_{24}N_2O.(CH_3J)_2$:



A hydrocinchoninnek ezt a szépen kristályosodó, elevensárga színű és állandójellegű származékát elég könnyen megkaphatjuk, ha a hydrobázist az oldáshoz elegendő mennyiségű absol methanollal és két molekula jódmethyllel leforrasztott üvegcsövekben a forró vízfürdőben 1—2 órán át hevítjük. A csövek sötétvörös oldata kihűlve jelentékeny mennyiségű, csillagokká csoportosult kristályokat választ le; leszűrjük, kevés methanollal mossuk és exsikátorban kénsav alatt megszárítjuk; ilyen állapotban 244—245°-on olvadnak, de már jóval előbb feketednek, zsugorodnak. Mivel kezdetben minden kristályosodási kísérletnek ellenszegültek, ilyen állapotban lettek elemezve: 0·1886 g 105° szár. anyag adott 0·1490 g jódezüstöt, amiből a jód (talált érték) = 42·70%; míg a $CH_3J.C_{19}H_{24}N_2O.CH_3J$ képletben a jód (theoret. érték)=43·79%. Az 1%-os hiányt annak kell tulajdonítani, hogy a vegyület nyers,

[1] A «Vereinigte Chininfabriken Zimmer & Co.» Frankfurt a. Main tudományos osztályának privát közlése.

át nem kristályosított alakban került elemzésre. Sok kísérletezés után sikerült végül ezt a terméket kevés forró vízben oldva és hosszabb ideig forró vízfürdőn csontszénnel digerálva, szép rozettákba csoportosult narancssárga, tűalakú kristályokban megkapni, amelyek ugyancsak 244°-on bomlottak el a nyilt kapillárisban, de az elemzésnél jobb eredményt adtak.

Elemzés: 0·1112 g 110° szár. anyag adott 0·0890 g jódezüstöt, amiból a jód (talált érték) = 43·25%; míg a $C_{18}H_{24}N_2O.(CH_3J)_2$ képlet szerint a jód (számít. érték) = 43·79%.

A hydrocinchonindijódmethylát ellentétben az előző fejezetben ismertetett színes monojódmethyláttal, nem bomlékony test, hanem eredeti narancsszínét és kristályalakját hónapok mulva is változatlanul megtartja.

(A M. T. Akadémia III. osztályának 1936. okt. 12-én tartott üléséből.)

ÜBER DIE JODMETHYLATE VON HYDROCINCHONIN ODER CINCHOTIN.

Von K. M. FRITZ von KONEK.

In Fortsetzung seiner Versuche über die differenzierende Alkylierung biazotischer Alkaloide, berichtet der Vortragende über seine Versuche mit Hydrocinchonin oder Cinchotin. Sein Ausgangspräparat stammte von der «Vereinigte Chininfabriken Zimmer et Co.» Frankfurt am Main (wofür er auch an dieser Stelle bestens dankt) war durch katalytische Hydrierung aus Cinchonin gewonnen und erwies sich bei der Prüfung als genügend rein (hatte den richtigen F. P. und war permanganatbeständig). Er konnte feststellen, dass auch diese Hydrobase — gleich den vorangehend Untersuchten — zwei verschiedene — ein farbloses und ein gelbes — Jodmethylat liefert, von welchen Letzteres zersetzlich ist und in absolut reiner Form noch nicht erhalten werden konnte. Somit ist erwiesen, beziehungsweise durch sein Verhalten bei der differenzierenden Alkylierung bekräftigt, dass Hydrocinchonin eine bitertiäre Base ist und die Wasserstoffaufnahme in der Vinylseitenkette des Cinchonins erfolgt ist.

(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften vom 12. Okt. 1936.)

IDEGENFÖLDI CHARAFÉLÉK HATÁROZÁSA.

(DETERMINATIO CHARACEARUM EXOTICARUM.)

FILARSZKY NÁNDOR r. tagtól.

Mult nyáron ALLEN G. O. angol charologus, a British Museumból saját gyüjteményéből és GROVES J. kiváló, híres angol charologus hagyatékából származó 19 db. mikroszk. készítményt küldött el nekem, azzal a kérelemmel, hogy ezeket átvizsgáljam, vizsgálataim eredményéről értesítsem és a készítményeket majd küldjem vissza, miután több anyag nincs belőle.

A termőhely és a gyüjtő nevével is jelzett mikroszk. készítmények között három készítmény rendesen állandósított szép készítmény volt, a többi mind nem állandósított készítmény csak fedőlemezzel egyszerűen lefedett, formolban (?) elhelyezett sugaras tengelyrészleteket tartalmazott. Ezek a nem állandósított készítmények a hosszú úton sokat szenvedtek, több teljesen kiszáradt, ennek folytán a lecsúszott fedőlemeztől igen megrongálódott, összetördelt anyaga részben hasznavehetetlenné is vált és csak részben volt rekonstruálható, de még úgy is csak részben bizonyult még alkalmasnak az ellenőrzésre vagy hozzávetőleges határozásra.

A 19 mikroszk. készítmény különben 16 különböző fajhoz tartozó Chara-féle növénykéből készült. ALLEN G. O. a róluk készített jegyzéke és későbbi levélbeli értesítése és felvilágosítása szerint ezek közül 8-at (1—8, kilenc készítmény) maga GROVES határozott meg és mint új fajt nagyobbára a gyüjtő nevéről nevezett el,[1] kettőt pedig (9—10, két készítményt) mint ismeretlent,

[1] 1. *Nitella Allenii*, 2. *N. Clarkii*, 3. *N. Moorei* (l. 1., 2. ábra), 4. *N. Petchii*, 5. *Tolypella Sawyarae*, 6. *Chara Buckelii*, 7. *Ch. Ehlei*, 8. *Ch. Corfuensis*.

«nov. sp.» jelzéssel határozatlanul hagyott meg. A többi hat faj (11—16) közül kettő (11—12, két készítmény) ALLEN saját megbízott indiai gyüjtőjétől származott, négy pedig (13—16, hat készítmény) barátainak különböző gyüjtéseiből való. Ez utóbbiak közül egyet No. 13) ALLEN határozott meg *Chara leptosperma* A. Br.-nak, de határozását megkérdőjelezte, amiért magam is behatóbban foglalkoztam vele, úgy mint a Corfuról származó határozatlannak jelzett növénykéből készült készítménnyel (No. 8), melyet, amint csak utóbb értesültem ALLENtől (16, 3, 36), még GROVES hátrahagyott jegyzetében *Chara Corfuensis*-nek nevezett el.

Ez utóbbi két növénykének, valamint a többi GROVES-nek és ALLEN gyüjteményéből származó, még indeterminálnak jelzett növénykéknek pusztán készítményeik után készült rövid leírásait a fenti sorszámok alatt a következőkben sorolom elő magyar és latin nyelven.

a) GROVES hagyatékából származó készítmények:

8. *Chara Corfuensis* J. GROVES Corfu (Moraitika et Braganiotika). 19. IX. 1929. E. 101. T. B. BLOW l. 40—45 á. Nagyobb egylaki, teljesen kérgezett növénykék, igen hosszú a tengely átmérőjénél, 3—5-ször is hosszabb gyapjúszálakhoz hasonló, vékony, itt-ott kettesével eredő, igen hegyes csúcsban kifutó tüskékkel. A tengely kérgezése kétsoros, az elsőrendű kéregsejtsorok sejtjei szélesebbek, erőteljesebbek a másodrendű kéregsejtsorok sejtjeinél, utóbbiak fölé emelkednek; a tengely tüskéi a kéreg élein erednek. A mellék-sugárkoszorú kétsejtsoros. A sugarak igen hosszúak, normális fejlettségűek, részben kérgezettek, 2—3 kérgezett és 1—2 kéregtelen tagból állanak; csupasz végszelvényük kétsejtű, a sugárnak utolsó kéregtelen tagjával körülbelül egyenlő hosszú vagy kevéssel hosszabb, csúcssejtje igen keskeny, vékony, a sugárkákkal csaknem egyenlő hosszú, szintén igen hegyes, alsó sejtje, vagyis a végszelvénynek utolsóelőtti, subterminális sejtje is a kéregtelen sugártagnál sokkal vékonyabb, minek folytán az egész sugár feltűnő külalakot, szerkezetet nyer; a sugárkák különböző fejlettségűek, igen hosszúak, a tüskékhez hasonlók; a mellsők jobban fejlettek, mint a hátsók. Az ivarszervek nemcsak a kérgezett sugártagok csomóin, hanem a sugarak tövében is fejlődnek, normális fejlettségűek. ALLEN G. O. 20. 5. 34. kelt levele szerint GROVES e növény-

kéket a *Chara hispida* habitusára emlékeztetőnek mondja és «diplostephan-, diplostich-tylacanth- és monoicus»-nak jelezte; a *Chara aculeata*-tól kettős tüskéi miatt eltérőnek és a *Chara papillosa* var. *ornata*-hoz hasonlónak jelzi, de melléksugarait sokkal hegyesebbeknek és tüskéit és hátsó sugárkáit sokkal fejlettebbeknek mondja.

(Plantulae monoicae, majores, perfecte corticatae, aculeis singulis vel binis ortis, longissimis, diametro caulis 3—5-plo longioribus tenuioribus, acutissimis; corticatio caulium diplostichia, series corticis primarii validiores, seriebus corticis secundariis latiores — Heterostichae —; cellulae corticis seriei primariae prominentes — Tylacanthae —. Corona stipularis e duplice cellularum serie evoluta — Diplostephanae —. Folia perlonga, normaliter evoluta, partim corticata: 2—3 articulis corticatis, 1—2 ecorticatis, segmentum ultimum bicellulare, articulo ecorticato circiter aequilongum aut pauco longius; cellula terminalis angustissima, foliolis fere aequalis, apice angustissima, cellula inferior s. subterminalis quoque articulo ecorticato multo angustior. Foliola varie evoluta, longissima, aculeis simillima, ventralia magis evoluta quam foliola dorsalia. Organa sexualia in nodo articulorum etiam in fundo foliorum normaliter evoluta.)

9. *Nitella fascicularis* F. et G. O. Allen nov. sp. 758 Kwala Lumpur Federated Malay States 14. XI. 1922. l. 6—12. á. Valószínűleg kétlaki növénykék hosszabb izekre tagolt, gazdagon elágazó tengellyel, melynek csomóin a háromszor osztott sugarak nemcsak örvösen, hanem átellenesen is foglalhatnak helyet, egyneműek, igen rövidek, villásan elágazók, a belőlük kettes számban eredő elsőrendű sugárkák hasonlólag igen rövidek, de már az ezekből 4—6 számban eredő másodrendű sugárkák az elsőrendűeknél 5—6-szor hosszabbak, vékonyak, egyenlőtlenek és nagyobbrészt kis mucro-alakú hegyes csúcssejtben végződnek; jellemző reájuk még, hogy szorosan egymás mellett elhelyezkedve nyalábszerű csoportot formálnak, de az elsőrendű testvérsugárkából eredő másodrendű sugárkanyalábbal is összeérve még feltűnőbb nagyobb sugárkanyalábba összetömörülnek, mely közül az alsóbbrendű sugárkáknak mintegy egyenes folytatásai feltűnően hosszabban kiemelkednek és hosszabb, hegyes mucroban is végződnek. Ezek szerint tehát az utolsórendű sugárkák és sugárka-végszelvények

sk'
sk
s
6
s
t
sk'
sk
s
m
2
sk'
5
o
7
3
sk
s
1
m
4
t
9
10
8
os
sk'
m
sk
t
os
11
12
s

kétfélék: egy- és kétsejtűek. Az oogoniumok hol egyes, hol kettes számban az elsőrendű sugárkák csomóján, vagyis a hosszú másodrendű sugárkák tövén foglalnak helyet, normális fejlettségűek (antheridiumokat a készítmény nem tartalmaz). A növénykék nagyban a *N. divaricata* Groves et Steph.-re és a *N. Doidgeae* Groves et Steph.-re is emlékeztetnek, csakhogy ez utóbbiaknál az örvösen eredő sugarak jóval hosszabbak a belőlük eredő első- és másodrendű sugárkáknál, sőt utóbbiak itt a telep legrövidebb tagjai, tehát morphologiai szerkezetükben ezeknek megfordítottját mutatják. (Plantulae verisimile dioicae, caule ramosissimo, internodiis longioribus articulato; in nodis caulium ramorumque folia non solum verticillata sed in nodis nonnullis opposita quoque, brevissima, dichotomice divisa, foliola primaria brevissima, foliola secundaria autem 4—6 fasciculatim evoluta 5—6-plo longiora quam foliola primaria, inaequalia, plerumque mucrone minimo, acutissimo praedita, dense pariter evoluta fasciculos simplices formant aut fasciculi simplices vicinis consociati in fasciculos compositos permagnos aggregati sunt, e quibus foliola singula sicut continuationes foliolorum primariorum eximie eminent et mucrone majore concludunt, ideo plantulae heterodactylae. Oogonia singula aut bina in fundo foliolorum secundariorum apice foliorum primariorum normaliter evoluta (antheridia in praeparato non observata!). Plantulae magnopere simulant plantulas *N. divaricatae* Groves et Steph. et *N. Doidgeae* Groves et Steph. sed folia posteriorum semper in verticillos evoluta, nunquam opposita, tum foliola secundaria fasciculos formantia ibi foliis et foliolis primariis constructio morphologica eorum ideo perversa!)

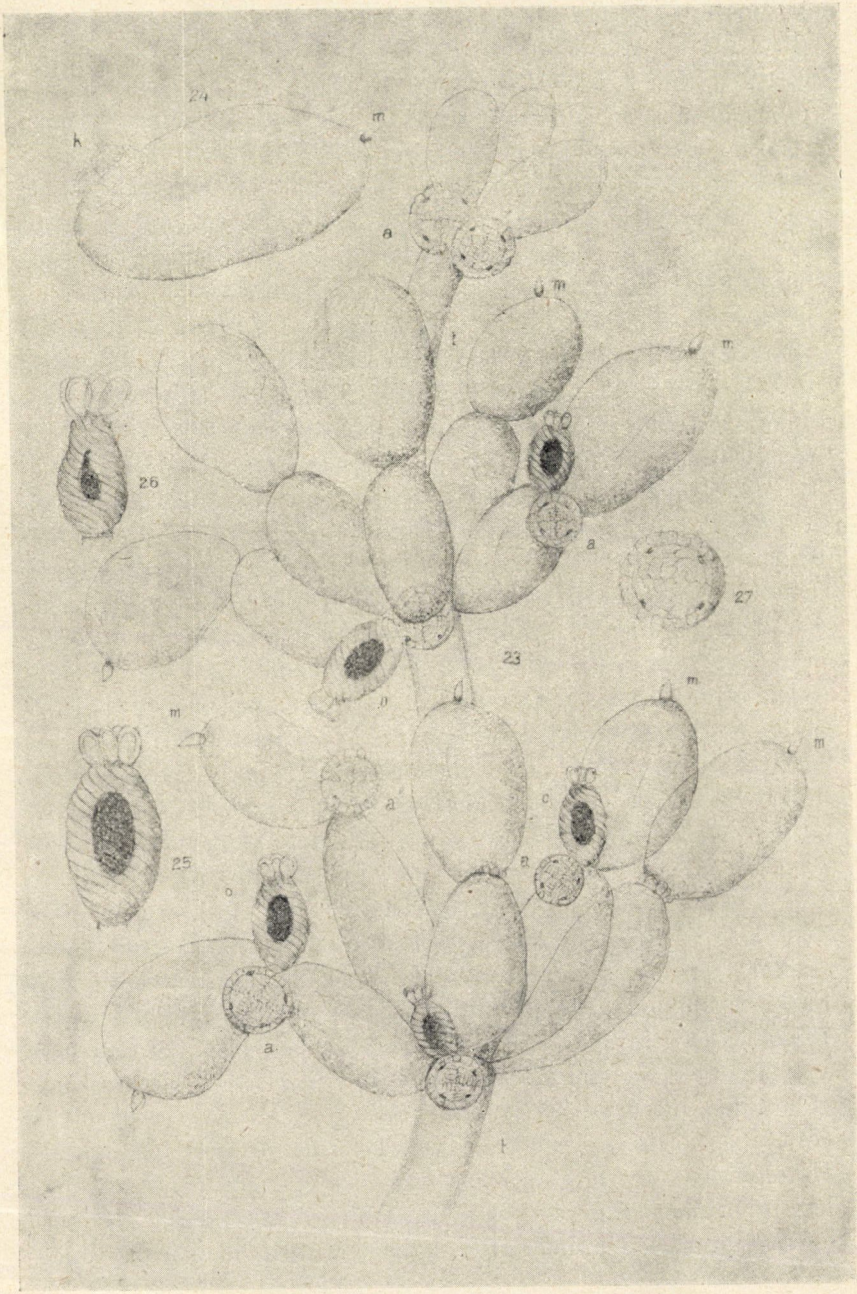
10. *Nitella heterodactyla* F. et G. O. Allen nov. sp. Sef. DB 100 German East Africa (Berlin 36) l. 13—22. á. Egylaki növénykék laza, többnyire hatsugaras sterilis sugárörvökkel; a rövid sugarak egytagúak, egyetlen internódiumuknál sokkal hosszabb elsőrendű sugárkákkal; a sugarak végszelvénye többnyire egysejtű, ritkábban kétsejtű; a sugarak két hosszú elsőrendű sugárkáikkal és végszelvényükkel háromosztatúaknak látszanak. Az elsőrendű sugárkák a sugarak egysejtű végszelvényével többnyire egyenlő hosszúak; ritkábban a sugarak végszelvénye kétsejtű s akkor az elsőrendű sugárkák mindig kevéssel rövidebbek; a végszelvény utolsó sejtje

17
a
20
sk
s
v
18
sk
s
21
13
22
t
a
s
o
15
a
19
16
o
a
14
o

és a másodrendű sugárkák hegyescsúcsúak, sejtfaluk megvastagodott. Az ivarszervek a sugarak és sugárkák csomóin együttesen jelennek meg, itt-ott az oogoniumok és antheridiumok is magányosan fejlődtek. A növénykék alakjuk és szerkezetük tekintetében felette hasonlítanak a *N. divaricata* GROVES et STEPH.-hez, de különböznek tőle hosszabb elsőrendű sugárkáik által és sugárkáiknak, valamint a sugarak végszelvényének igen hegyes vastagsejtfalú csúcsa által. (Plantulae monoicae. Verticilli steriles laxi foliorum plerumque 6. Folia uni-breviarticulata foliolis primariis internodio unico foliorum multo longioribus; segmentum ultimum foliorum plerumque uni-, rarius bicellulatum — Heterodactylae —; folia foliolis primariis duobus elongatis et segmento ultimo trifurcata videntur. Foliola primaria segmento ultimo unicellulari foliorum plerumque aequantia, rarius segmentum ultimum bicellulare, tum foliola primaria semper paulo breviora. Cellula ultima segmenti ultimi et foliola secundaria apice acuta, membrana cellulosa incrassata. Gametangia in nodis foliorum et foliolorum primariorum sejuncta, hinc et illic antheridia, oogonia quoque solitaria. Plantulae habitu et structura *Nitellae divaricatae* GROVES et STEPH. simillimae sed differunt foliolis primariis longioribus et apicibus acutissimis celluloso incrassatis foliolorum et segmenti ultimi foliorum.)

b) ALLEN gyüjteményéből származó készítmények.

11. *Chara connivens* SALZMANN Sekhani Pond. Benares U. P. India from dried shut n. 33 Parsotam. (Az állandósított készítmény ♂-növénykének egy kis részletét tartalmazza.) Kétlaki növénykék teljesen háromszorosan bekérgezett tengellyel és ágakkal, a tengely kéregsejtsorai egyenlőtlenek, első- és másodrendűek; a kéregsejtek vastagfalúak; a tengely csaknem tüskétlen, vékony, merev, nem inkrusztált; a melléksugárkoszorú a sugárörvök alján gyengén fejlett, kétsoros; a tengely tüskéi a melléksugarakhoz hasonlóan igen kicsinyek. A sugarak igen vékonyak, többtagúak, normálisan kérgezett tagjaikon kívül csak igen rövid csupasz végszelvényekből állanak; egy és ugyanazon sugárörvben egyenlően fejlettek; a sugárkaörvök fejletlenek, csak három mellső sugárka, ritkább kétoldali sugárka is fejlődik, a hátsók egészen hiányzanak; az antheridiumos sugarak csomóin a sugárkák igen kicsinyek, alig


24
h
m
a
m
t
m
26
a
27
23
m
m
m
a
c
25
a
o
a
t

kivehetők az igen nagy, magányosan fejlett antheridiumok alján. (Plantulae dioicae, caulibus ramisque perfecte triplostiche corticatis; cortex e cellulis ordine et forma diversis formata; series corticis primarii et secundarii inaequales — Heterostichae —; cellulae corticis membranis crassis; caulis fere inermis, tenuis, non incrustatus; corona stipularis in fundo verticillorum foliorum parum evoluta, stipulae numero foliorum duplicate evolutae — Diplostephanae —; aculei caulini ut stipulae minimae. Folia tenerrima, plurinodosa articulis corticatis et segmento ultimo nudo composita, in verticillo eodem aequaliter evoluta — Isophyllae—; in nodis foliorum foliola unicellularia minora evoluta, tantum foliola 3 anteriora perminuta, rarius 2 lateralia brevia evoluta, posteriora nulla; in nodis foliorum fertilium mascul. foliola minima, vix conspicua ad basim antheridiorum permagnorum.)

12. *Chara contraria* A. Br. 7. Jaunpur Road, Benares India IV. 33. Parsotam. (A kitűnően állandósított készítmény nagyobb fertilis tengelyrészletet tartalmaz.) Erősen inkrusztált növénykék kétsorosan teljesen bekérgezett tengellyel és ágakkal, a kéregsejtsorok egyenlőtlenek, a középkéregsejtsorok erősebb fejlettségűek, miért is az oldali kéregsejtsorok fölé emelkednek. A sugarak többtagúak, csupasz végszelvényüktől eltekintve, csak kétsorosan teljesen bekérgezett tagjaik vannak. A sugárkák száma az egyes sugárkaörvökben négy, kevésbbé fejlettek, a mellső (hasi) sugárkák fejlettebbek, mint a hátsó sugárkák, melyek inkább csak jelezvék apró szemölcsök alakjában; a hasi és oldali sugárkák csaknem egyenlő fejlettségűek; a kétsoros melléksugárkoszorút alkotó melléksugarak kevésbbé fejlettek, úgyszintén az igen rövid, kis tüskék is. Egylaki növénykék; a többi sugárkákkal csaknem egyenlő támasztósugárka (bractea) hónaljában magányosan fellépő oogoniumok az antheridiumok felett állanak, utóbbiak tehát hypogynek; a mésszel erősen inkrusztált oospórák feketék, alsó végük tüskés, a spirális lécek közötti hártyájuk barnásszínű. (Plantulae incrustatae, caulibus ramisque perfecte diplostiche corticatis, cortex e cellulis ordine et forma diversis formata — Heterostichae —; series corticis primariae et secundariae inaequales, primariae validiores, quam series corticis secundariae, cellulae corticis primariae prominentes. Folia plurinodosa, articulis diplo-

LV 32

stiche corticatis et segmento ultimo nudo composita. In nodis foliorum foliola unicellularia minora evoluta, in verticillis foliolorum foliola ventralia magis evoluta, quam foliola dorsalia tantum papillis minimis indicata, foliola ventralia et lateralia fere aequilonga. Corona stipularis in fundo verticillorum foliorum parum evoluta, stipulae numero foliorum duplicato evolutae — Diplostephanae —. Aculei minus evoluti, brevissimi. Monoicae, oogonia singula in nodis foliorum super antheridia evoluta, antheridia hypogyna; bractea oogonii ceteris foliolis aequuilonga. Oosporae calcareae, atrae, apice inferiori spinosae, membrana inter strias brunea.)

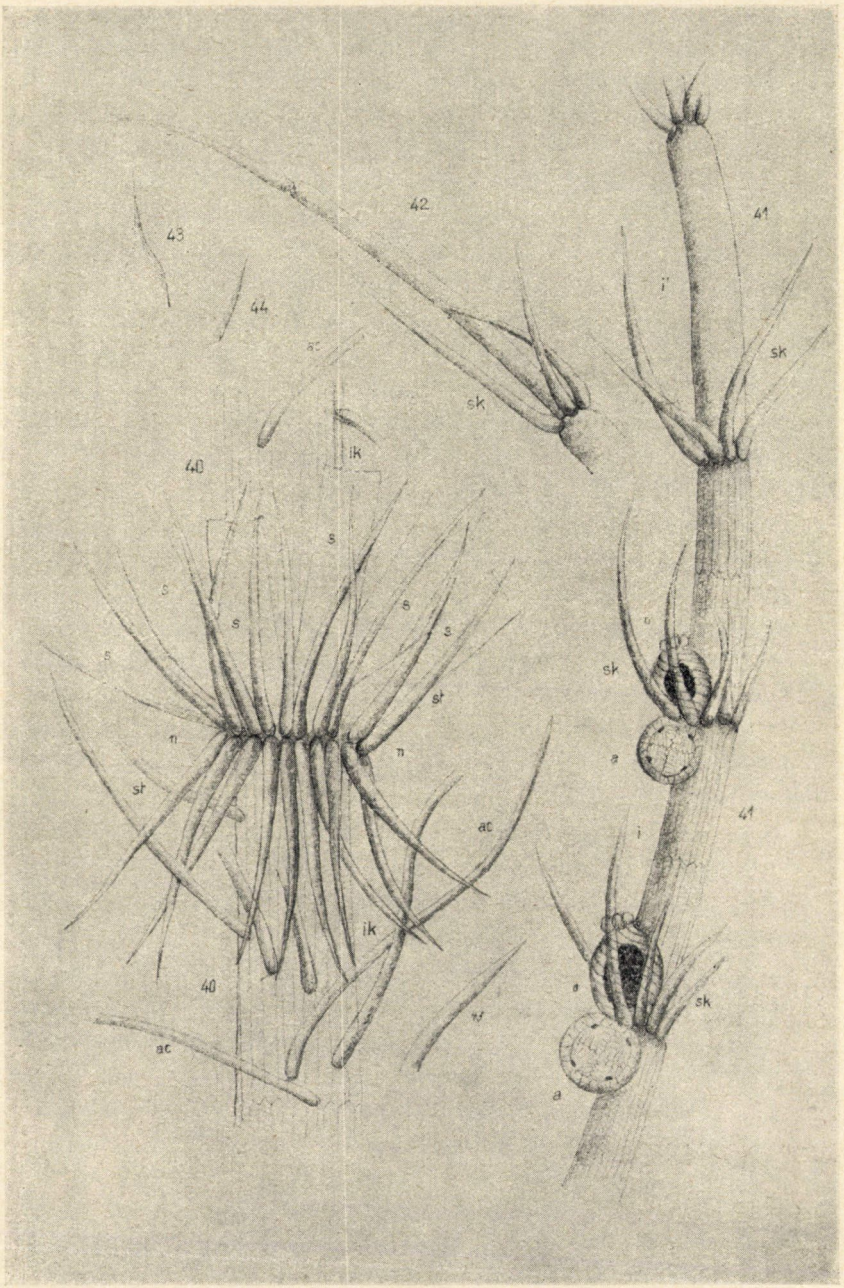
13. *Chara leptosperma* A. Br. Oysser Pond Mass U. S. A. 10,172 Wat. 1933. (két készítmény). Egylaki növénykék teljesen, háromsorosan bekérgezett tengellyel és ágakkal; a tengely tüskék és szemölcsök híján van; a két sorban álló melléksugarak feltűnően hosszúak, az alsó örv tagjai szorosan a tengelyhez símulnak, a felsők egyenlőtlenek és a tengelycsomótól többé-kevésbbé elállanak. A sugarak egy és ugyanazon örvben egyenlők, 5—6-tagúak, normálisan kétsorosan teljesen bekérgezettek; egysejtű végszelvényük igen rövid. az utolsó sugárkaörvének tagjainál csak kevéssel hosszabb; a mellső és oldali sugárkák még egyszer olyan hosszúak, mint az oogoniumok, az oldaliak gyakran még hosszabbak, mind hegyes és a csaknem gömbalakú sárga (félig érett) oospóráknál hosszabb, csak a hátsó sugárkák kicsinyek, szemölcsalakúak. (Plantulae monoicae, caulibus ramisque perfecte triplostiche corticatis; caulis inermis, aculeis s. papillis nullis; stipulae longissimae, biseriatae, inferiores cauli anguste adjacent, superiores inaequales et a nodis plus-minusque distant. Folia verticillorum in verticillo eodem aequaliter evoluta — Isophyllae —, 5—6-articulata; internodia foliorum omnino diplostiche normaliter corticata — Phlaeopodes —, segmentum ultimum unicellulare brevissimum, foliolis ultimi verticilli parce longius; foliola anteriora magis evoluta, ventralia et lateralia in foliis fertilibus oogoniis duplo majore. lateralia saepe etiam longiora, omnia oosporis luteolis, semimaturis quoque longiora, posteriora autem papillaeformia.)

14. *Chara coronatiformis* Robinson Yucatan, Mexico 2411a et 3095 l. 3—5 á. (két készítmény. Groves szerint? *Chara gymnopitys*

33
39
29
31

ABR.). Egylaki növénykék egysoros melléksugárkoszorúval; a nagyobb, erősebben fejlett melléksugarak az egyes sugarak alján kettesével fejlődnek, tengelyük különbözőképpen kérgezett, vannak kéregtelen izei is; a kérgezett internódiumokon vastagabb, különböző hosszú hegyes tüskék láthatók. A sugarak többtagúak, kéregtelenek, csomóikon nagyobb egysejtű sugárkákkal, közöttük a mellső (hasi) sugárkák erősebben fejlettek, mint a hátsó sugárkák, mely utóbbiak csak mint igen apró szemölcsök jelennek meg; az utolsó sugárkaörv 2—4 erőteljesebb, hegyes sugárkából áll, melyek kevéssel rövidebbek az egysejtű végszelvénynél és utóbbival együtt kis koronát formálnak a sugarak végén (innen a faj neve!), vagy a végszelvény hosszabb, kétsejtű és utolsó, kisebb csúcssejtje hegyes mucro-alakú. Az oogoniumok a sugarak csomóin az antheridiumok felett fejlődnek, utóbbiak tehát hypogynek. (Plantulae haplostephanae, bistipulatae, stipulis majoribus. Monoicae caulibus diverse corticatis, adsunt internodia ecorticata quoque; in internodiis corticatis aculei crassi longitudine diversa acutissimi evoluti. Folia ecorticata plurinodosa, in nodis foliolis unicellularibus majoribus; foliola ventralia magis evoluta, quam foliola dorsalia tantum papillis minimis indicata; verticillus foliolorum ultimus 2—4 foliolis crassis, acutis segmento ultimo unicellulari paulum brevioribus coronam parvam format (inde nomen speciei), aut segmentum ultimum bicellulare, cellula suprema muroniformi. Oogonia in nodis foliorum super antheridia evoluta, hypogyna.)

15. *Nitellopsis (Tolypellopsis) inflata* F. et G. O. ALLEN nov. sp. Western Australia X. 1933. Burbidge W. A. l. 23—27. á. Teljesen kéregtelen egylaki növénykék 4—6 sugárú sugárörvökkel, melyek sűrűn következnek egymásra; a sugarak egytagúak, végszelvényük kétsejtű; a végszelvény alsó sejtje olyan nagy és erősen felfujt, mint az egyetlen sugártag internódiuma, elliptikus, tojásdad vagy gömbded hordóalakú sejt, amely csúcsán felette apró kis hegyes mucrót visel (ez igen könnyen le is válik, amikor a végszelvényt csak a nagy felfujt, lekerekített alsó sejtje képviseli és így egysejtűnek tűnik fel); a sugárkák a sugarak egyetlen kevéssejtű csomóján ki nem alakulnak vagy a nodus hasi oldalán 3—4 számban mint apró szemölcsalakú sejtecskék jelennek meg és ezek képviselik a mellső (hasi) sugárkákat; melléksugárkoszorú a sugár-


42
43
44
41
i'
sk
ac
sk
ik
40
s
s
s
s
s
s
st
n
n
st
ac
ik
40
ac
sk
a
41
i
sk
a

örvök alján sehol sem fejlődik. Az oogoniumok magányosan vagy párosával a sugarak egyetlen nódusán, de a sugarak tövében is, látszólag a tengely nódusán jutnak kifejlődésre, koronájukat öt nagyobb, szépen lekerekített koronasejt alkotja; az antheridiumok nagyobbak az oogoniumoknál, magányosan vagy párosan jelennek meg az oogoniumok alatt, vagyis mint a *Chara*-genusnál hypogynek; a tengely felső sugárörveiben a sugárcsomókon többnyire még csak antheridiumok találhatók, oogoniumoknak még nyoma sincsen. A növénykék felette módon felfujt sejtű sugaraik és telepük egyéb sajátságos szerkezete folytán feltűnően különböznek a többi Charaféléktől, csak a Fokváros (Cape Town) vidékéről származó és GROVES et STEPHENS-től leírt *Nitella praeclara*-ra emlékeztetnek némileg, amennyiben ennek sugarain is egyes internódiális sejtek hasonlólag igen erősen felfuvódtak, csaknem nagy gömbalakúak, de a sugarak apró kis mucroja helyett itt három apró sugárkából álló kis sugárkakorona foglal helyet. A telep egyéb szerkezete határozottan a *Nitellopsis* szerkezetére vall. (Plantulae monoicae omnino ecorticatae. Folia in verticillis 4—6, uniarticulata, segmentum ultimum bicellulare, cellula ejus infima ut articulus unicus maxime inflata, ellipsoidea aut globosa-doliiformis, articulo aequilonga, cacumine mucrone minima acuta praedita. Foliola in nodo folii unico paucicellulari inevoluta, aut in nodo numeris 3—4 evoluta, papillaeformia, minima ventralia (anteriora). Corona stipularis in fundo verticillorum foliorum nusquam evoluta. Oogonia solitaria aut bina nodo folii et basi foliorum orta; coronula oogonii e cellularum majorum verticillo pentamero unico; antheridia oogoniis majora solitaria aut pluralia, hypogyna, in verticillis superioribus plerumque tantum modo evoluta. Plantulae propter folia maxime tumida, inflata, habitu eximie differunt a Characeis ceteris; tantum *Nitellam praeclaram* GROVES et STEPH., plantulas Africanas juxta oppidum «Cape Town» crescentes quodammodo in mentem revocant praecipue propter cellulas nonnullas internodii foliorum interdum similiter valde tumidas, fere globosas, sed folia loco mucronis corona minutissima foliolis 3 composita praedita.)

16. *Charina verticillata* F. et G. O. ALLEN nov. gen. et sp. Wagin, Western Australia. 5. 6. 35? (GROVES a Nitella subtilissima-

hoz közelállónak jelzi: «Near N. subtilissima») l. 28—39 á. Apró, 3—4 cm magas növénykék; egész telepük kéregtelen; a tengely és korlátlan növekedésű ágacskáinak internódiumait hosszúra nyúlt vastagabb falú, hengeralakú sejt alkotja, nódusait csak a belőlük eredő sugarak és oldalágacskák jelzik. A sugarak száma az egyes örvökben 5—6, az oldalágacskák csak egyes számban fejlődnek a tengely némelyik csomóján; melléksugárkoszorújuk nincsen, melléksugarak nem fejlődnek. A sugarak az oldalágacskákhoz hasonló szerkezetűek, egy- vagy kétcsomósak és egy- vagy kétsejtű végszelvénnyel, amely az utolsó sugárcsomóból eredő sugárkákkal vagy egyenlő hosszú vagy ezek örvéből kevéssé kiemelkedik; elvétve csomótlan kis kétsejtű sugarak is fejlődnek, amelyek teljesen megegyeznek a sugárkák nagyságával és szerkezetével. A sugárcsomókon köröskörül, vagyis szabályos örvökben 5—6 számban egynemű, jól kifejlett kétsejtű vagy egysejtű sugárkák fejlődnek, melyek többé el nem ágaznak; a kétsejtűeken a csúcssejt csak mint apró hegyes mucro jelenik meg; az egysejtűek csúcsa egyszerűen lekerekített; az egysejtű sugárkás növénykék összes sejtjeinek a fala vékony, a kétsejtű sugárkás növénykék sejtjei mind ellenben feltűnően vastagfalúak (úgyhogy e tekintetben is e növénykéknek két formáját lehetne megkülönböztetni). A sugarak szerkezetükre nézve némileg a *Lamprothamnus* és *Lychnothamnus* sugaraira emlékeztetnek, de csekélyebb tagoltságuk tekintetében (csak egy vagy kétcsomósak) lényegesen különböznek amazoktól. Mindezért ezek az apró növénykék sem a *Nitella*, sem a kéregtelen *Lamprothamnus*-genusba nem sorolhatók, hanem pusztán sajátságos, szabályos szerkezetüket tekintve, ha ivarszerveik ismeretlenek is, mintegy a *Nitelleae*-nek a *Chareae*-hez tartó átmeneti alakjaiként, ez utóbbi alcsaládba a *Nitellopsis (Tolypellopsis)* mellé állítandók új genus néven: a szerkezetük tekintetében a *Chara*-genusra leginkább emlékeztető *Charina* néven egyetlen jellegzetes fajával: *Ch. verticillata* a genus diagnózisával. (Plantulae minimae, circiter 3—4 cm altae; thallo ecorticato; internodia caulis et ramulorum indefinitorum perlonga, unicellularia; membrana cellulae crassa aut tenuior; nodos caulium tantum origo foliorum et ramulorum ostendit; in nodis caulinis corona stipularis nulla, stipulae inevolutae. Folia in verticillis

caulium 5—6, in singulis verticillis ramus e structura caulis quoque oritur; folia ramulis simillima, 1—2 nodosa, segmento 1—2-cellulari, foliolis e nodo folii ultimo ortis aequilongo aut paulum longiore, adsunt in verticillis nonnullis foliorum folia passim minora forma foliolorum bicellularia, enodosa; structura foliorum ceteroquin structura caulis, ramorumque conformis. In nodis foliorum 5—6 foliola uni-aut bicellularia, circulatim evoluta, verticillum normale formantia; cellula suprema in foliolis bicellularibus minima, acuta, mucroniformis, foliola unicellularia cuspide semper obtusata. Membrana cellularum omnium in plantulis foliolis unicellularibus tenuis, in plantulis foliolis bicellularibus autem conspicue incrassata. Folia structura quodammodo folia *Lamprothamni* et *Lychnothamni*. in mentem revocant, sed propter articulationem exilem magnopere differunt. Ideo plantulae minimae nec in formas ecorticatas generis *Nitellae* nec generis *Lamprothamni* distribuendae, sed structura thalli tantum respiciente, etiamsi organa sexualia ignota, plantulae tanquam *Nitellarum* formas ad *Chareas* vergentes sub nomine nova «*Charina*» juxta genus *Nitellopsis* (*Tolypellopsis*) ponenda, quia habitus ejus communiter ad habitum alicujus *Charae* maxime monet; specie unica: *Ch. verticillata* generis diagnosi.)

Mindezek az itt elősorolt vagy le is írt új Chara-féle növénykék végleg és biztosan megállapított alakoknak nem tekinthetők, mert csak mikroszkópi készítményekben konzervált *teleprészletek* után készült leírásuk nem minden kérdésre nyujt kielégítő feleletet és magyarázatot; így pl. a telep nagyságára is csak következtetni lehet egynémelyikénél; hasonlóan biztos határozás ott sem lehetséges, ahol az ivarszervek ismeretlenek vagy azoknak megjelenési módja a meglevő teleprészleteken nem tűnik ki biztosan. Legérdekesebbek az Ausztráliából származó alakok (15., 16. és 3.[1]), melyek lényegesen és feltűnő módon eltérnek csaknem minden tekintetben a többi földrészekből származó alakoktól.

---

[1] 3. *Nitella Moorei* J. Groves New England. New South Wales Australia. C. Moore No. 145 (l. 1—2 á.).

Ábrák magyarázata. — Figurenerklärung.

3. *Nitella Moorei* J. Groves (1—2.).

1. A tengelynek egy csomója sugárörvvel. 50. ×. — Achsennodus mit Strahlenwirtel. 50 ×.
2. Harmadrendű (utolsórendű) háromsejtű sugárka. — Dreizelliges Strählchen letzter od. III. Ordnung.

14. *Chara coronatiformis* Robinson. (3—5.)

3. Sugarak egysejtű végszelvénye. — Einzelliges Endsegment der Strahlen.
4. Sugarak kétsejtű végszelvénye. — Zweizelliges Endsegment der Strahlen.
5. A végszelvény terminális sejtjének erősen megvastagodott csúcsa. kb. 60. ×. — Starkverdickte Spitze der Terminalzelle des Endsegmentes.

9. *Nitella fascicularis* F. et G. O. Allen. (6—12.)

6. Tengelyrészlet egy háromsugaras és egy kétsugaras. sterilis sugárörvvel. — Achsenteil mit einem dreizähligen und einem zweizähligen, sterilen Strahlenwirtel.
7. Fertilis ♀ sugár átellenes állású elsőrendű és örvösen álló másodrendű sugárkákkal. — Fertiler ♀ Strahl mit gegenständigen Strählchen I. Ordnung und wirtelständigen Strählchen II. Ordnung.
8. Tengelyrészlet fertilis ♀ sugárral. — Achsenteil mit fertilem ♀ Strahle.
9—12. Másodrendű sugárkák csúcsi részlete. — Spitzenteile von Strählchen II. Ordnung.

10. *Nitella heterodactyla* F. et G. O. Allen. (13—22.)

13. Négycsomós. sugaras tengelyrészletnek vázlatos képe. — Achsenteil mit vier Strahlenwirteln, schematisch.
14. Fertilis sugárrészlet ♂♀- és ♂-csomóval. — Fertiler Strahlenteil mit ♂♀- und ♂-Strahlenknoten.
15. Fertilis sugárrészlet ♂♀-csomóval. — Fertiler Strahlenteil mit ♂♀-Strahlenknoten.
16. Fertilis sugárrészlet ♀-csomóval. — Fertiler Strahlenteil mit ♀-Strahlenknoten.
17. Fertilis sugárrészlet ♂-csomóval. — Fertiler Strahlenteil mit ♂-Strahlenknoten.
18. Sterilis sugárrészlet a sugárnak kétsejtű végszelvényével. — Steriler Strahlenteil mit zweizelligem Endsegmente.
19—20. Sugarak csúcsi részlete három-, illetve kétsejtű sugárkakoronával. — Strahlenende mit drei-, beziehungsweise zweizelliger Strählchenkrone.

21—22. Sugár-, illetve sugárka csúcsrészlete igen hegyes, erősen vastagodott falú csúccsal. — Strahlen-, beziehungsweise Strählchenendteile mit scharfer, stark verdickter Spitze.

15. *Nitellopsis (Tolypellopsis) inflata* F. et G. O. Allen. (23—27.)

23. Háromcsomós, sugaras tengelyrészlet ivarszervekkel. — Dreiknotiger Achsenteil mit Strahlenwirteln und Geschlechtsorganen.
24. Felfujtsejtű végszelvény apró mucróval és néhány odatapadó sugárcsomói kerületi sejttel. — Strahlenendsegment mit kleinem Mucro und einigen der stark aufgeblasenen Internodialzelle anhaftenden peripherischen Strahlenknotenzellen.
25—26. Jól kifejlett, normális és korcs oogonium. — Normal ausgebildetes und missgestaltetes Oogonium.
27. Antheridium.

16. *Charina verticillata* F. et G. O. Allen. (28—39.)

28. Több csomós és elágazó tengelyű, kis növénykének vázlatos képe kb. 15. ×. — Mehrknotiger und verzweigter oberer Teil eines kleinen Pflänzchens ungefähr 15 ×, schematisch.
29. Hatcsomós csúcsi tengelyrészlet csomótlan fiatal, egycsomós és kétcsomós sugarak képezte sugárörvökkel és egysejtű sugárkákból álló sugárkaörvökkel. — Sechsknotiger Achsenteil mit oberen Wirteln, noch knotenloser Strahlen und unteren Wirteln 1—2-knotiger, älterer Strahlen und aus einzelligen Strählchen gebildeten Strählchenwirteln.
30. Egycsomós tengelyrészlet, csomótlan és egycsomós sugárrészletekkel és egy oldalágrészlettel; a sugárkák kétsejtűek. — Einknotiger Achsenteil mit knotenlosen und einknotigen Strahlenteilen und einem einknotigen Achsenzweigteile; die Strählchen zweizellig.
31. Kétcsomós tengelyrészlet, az alsó csomó kétcsomós sugarakkal és egy csomótlan, a kétsejtű sugárkákhoz hasonló fejletlen sugárral. — Zweiknotiger Achsenteil mit aus zweizelligen Strählchen gebildeten Strählchenwirtel und einem kleinen, unausgebildeten, einem zweizelligen Strählchen gleichgebildeten Strahle.
32. Háromcsomós, csúcsi tengelyrészlet még fejletlen, csomótlan, egysejtű sugarakkal. — Dreiknotiger oberster Achsenteil mit aus noch unausgebildeten einzelligen, knotenlosen Strahlen gebildeten Strahlenwirteln.
33. A vastagfalú formának egy sugárcsomórészlete három kétsejtű sugárkával. — Strahlenknotenteil der dickwandigen Form mit drei zweizelligen Strählchen.
34. Sugarak csúcsi részlete egysejtű sugárkák utolsó örvével. — Strahlenende mit letztem Wirtel einzelliger Strählchen.

35. Sugarak csúcsi részlete kétsejtű sugárkák utolsó örvével. — Strahlenende mit letztem Wirtel zweizelliger Strählchen.
36—37. Egysejtű sugárkák csúcsi részlete. — Spitzen einzelliger Strählchen.
38—39. Kétsejtű sugárkák csúcsi részlete. — Spitzen zweizelliger Strählchen.

8. *Chara Corfuensis* J. Groves. (40—45.)

40. Tengelyrészlet csomóval és nodusfeletti meg nodusalatti tengelyinternodiumrészlettel és kétsoros melléksugárkoszorúval a tengely nódusán. — Achsenteil mit Nodus und oberen und unterem Internodiumteile, zweizeiligem Stipularkranze und Stachelgebilden.
41. Négycsomós fertilis sugárnak alsó fele. — Untere Hälfte eines vierknotigen Strahles.
42. Kétsejtű végszelvény a kéregtelen sugártag végén. — Zweizelliges Endsegment und letzter Strälchenwirtel am Ende des letzten unberindeten Strahleninternodiums.
43—44. Melléksugarak hegye. — Spitzen von Nebenstrahlen.
45. Tüskék hegyes csúcsa. — Scharfe Stachelspitzen.

Mindenütt: überall: *a* = antheridium. *ac* = tüskék, Stacheln (aculei). *i* = kérgezett sugárinternódiumok, berindete Strahleninternodien. *i'* = kéregtelen sugárinternódiumok, unberindete Strahleninternodien. *ik* = teljesen bekérgezett tengelyinternódium, vollkommen berindetes Achseninternodium. *m* = mucro. *n* = tengelycsomója, Achsennodus. *o* = oogonium. *os* = oospora. *s* = sugár, Strahl (folium). *sk* = sugárka, Strählchen (foliolum) I. rendű, erster Ordnung. *sk'* = sugárka, Strählchen (foliolum), II. rendű, zweiter Ordnung. *sl* = melléksugarak, Nebenstrahlen (stipulae). *t* = tengely, Achse (caulis). *v* = végszelvény, Endsegment (segmentum ultimum).

(A M. T. Akadémia III. osztályának 1936. okt. 12-én tartott üléséből.)

BESTIMMUNGEN EINIGER EXOTISCHEN CHARACEEN.

Von FERDINAND FILARSZKY.

In der von G. O. ALLEN aus seiner eigenen Sammlung und aus J. GROVES Nachlasse behufs Durchprüfung und teilweise nötigen Bestimmung mir zugeschickten Kollektion von 19 mikrosk. Präparaten, die Thallusteile von 16 verschiedenen Characeen-Arten enthielten, fanden sich 8 Arten (No. 1—8, neun Präparate) vor, die GROVES als neue Arten deutete und auch benannte, dann 2 Arten (No. 9—10, zwei Präparate), die er unbestimmt gelassen und nur mit «nov. sp.» bezeichnete, schliesslich 6 Arten (No. 11—16, acht Präparate) aus ALLEN's eigener Sammlung, von welchen 1 Art (No. 13 *Chara leptosperma*) ALLEN bestimmte, doch als fraglich bezeichnete, die übrigen aber noch unbestimmt und unbenannt gelassen.

In vorliegendem Aufsatze werden ausser dieser letztgenannten Art und der, laut ALLEN's späteren briefl. Mitteilung von GROVES als *Chara Corfuensis* bezeichneten Art ausschliesslich nur die unbestimmten, als nov. sp. oder als fraglich angemerkten Arten angeführt, auf Grund der zum Teile mangelhaften oder schlecht erhaltenen mikrosk. Präparate kurz beschrieben und ihre Beschreibung auch in lateinischer Sprache wiedergegeben; hiervon entfallen 3 auf in der Literatur schon bekannte Arten, 4 aber auf neue, bisher noch unbeschriebene Arten; auch erwies sich, dass die eine neue Art keinem der bisher bekannten Char.-Genera, sondern einem neu aufgestelltem Genus angehöre.

Zum Schlusse wird bemerkt, dass sämmtliche als neu angeführte Arten bestimmt und sicher als solche nicht angesehen werden

können, da die nur in den mikrosk. Präparaten vorhandenen Thallusteile auf jede Frage keine befriedigende Antwort und Aufklärung zulassen und bei manchen z. B. auf die Grösse dem Habituse der Pflänzchen, die Beschaffenheit ihrer sämtlichen Organe, auch auf die Verteilung und das Auftreten der Geschlechtsorgane nicht mit Sicherheit oder auch gar nicht gefolgert werden kann.

Am interessantesten erscheinen die aus Australien stammenden Arten, die in jeder Hinsicht sich von denen anderer Weltteile wesentlich unterscheiden.

(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften vom 12. Okt. 1936.)

A SZILÁRD KRYPTON ÁLLANDÓINAK ELMÉLETI MEGHATÁROZÁSA.

GOMBÁS PÁL-tól.

Ebben a munkában a szilárd krypton fontosabb állandóit elméleti úton határozzuk meg. Számításainkban az atomok VAN DER WAALS kölcsönhatásánál nemcsak a dipol-dipol kölcsönhatást, hanem a magasabbrendű polusok kölcsönhatását is figyelembe vesszük. Az atomok között működő taszítóerőket LENZ és JENSEN statisztikai módszere alapján számítjuk. A számított állandók jó megegyezésben vannak a tapasztalattal.

1. Bevezetés.

Ennek a munkának célja az úgynevezett VAN DER WAALS-féle erőkkel összetartott kristályok kohéziójáról kvantitatíve számot adni. A számítást egy konkrét esetre, a kryptonkristályra végezzük el. Mielőtt a tulajdonképpeni tárgyalásba kezdenénk, egy rövid összefoglalást adunk a szilárd testekre és különösen a VAN DER WAALS-féle erőkkel összetartott kristályokra vonatkozó eddigi vizsgálatok eredményeiről.

Az egyes kristályproblémák, úgy mint azok kohéziója és egyes állandóinak elméleti meghatározása még távolról sincsenek megoldva. A szilárd testekre a szigorú kvantummechanikát csak a legegyszerűbb esetben a *LiH* esetében lehetett alkalmazni és a számítást véghezvinni. A *LiH* rácsenergiáját és rácsállandóját E. A. HYLLERAAS határozta meg szigorú hullámmechanikai módszerekkel.[1] Ebben az esetben a számítás keresztülvihető, mert úgy a pozitív *Li* ionnak, mint a negatív *H* ionnak csak 2—2 elek-

[1] E. A. HYLLERAAS: Zeitschr. f. Phys. 63, 771, 1930.

tronja van és a hullámmechanikai kételektronprobléma még szigorúan tárgyalható. Mihelyt azonban olyan anyagokra térünk át, hol az egyes atomoknak vagy ionoknak 2-nél több elektronjuk van, a szigorú hullámmechanikai tárgyalás nem alkalmazható, hanem közelítő eljárásokra vagyunk utalva. Ilyen közelítő módszerek a HARTREE,[1] a FOCK[2] és a THOMAS—FERMI[3] módszerek. HARTREE és FOCK módszerei komplikáltabb számítások keresztülvitelére kevésbbé alkalmasak, mert rendkívül nagy numerikus számítást igényelnek. Ezeknél sokkal egyszerűbben kezelhető a THOMAS—FERMI-féle statisztikai módszer, mely, mint ismeretes, csak magas rendszámú atomokra, vagyis sok elektronnal bíró atomokra alkalmazható. A THOMAS—FERMI-módszert kristályokra W. LENZ és H. JENSEN alkalmazták először és a problémának megfelelően módosították[4] THOMAS—FERMI eredeti módszerét. A LENZ és JENSEN által módosított THOMAS—FERMI-módszer, kibővítve a polarizációs energiákkal, nagyon jól bevált és több esetben alkalmazásra talált.[5]

Az eddig említett vizsgálatok kizárólag ionkristályokra vonatkoznak. Ezek után röviden vázolni szeretnénk a VAN DER WAALS-féle erőkkel összetartott kristályokra vagy röviden a VAN DER WAALS-kristályokra vonatkozó eddigi vizsgálatokat és azok eredményeit. Mint ismeretes, a VAN DER WAALS-kristályok tipikus példáit a szilárd halogénsavak és a szilárd nemesgázok kristályai nyujtják. Sokáig foglalkoztatta a fizikusokat az a kérdés, hogy hogyan jön létre a VAN DER WAALS-kristályokban az atomok vagy molekulák közti összetartó erő, jóllehet, az atomok vagy molekulák neutrálisak. A klasszikus elmélet alapján a kohézió-erőket csak úgy lehetett magyarázni, hogy feltették, hogy az atomoknak vagy mole-

[1] Lásd D. R. HARTREEnek a Proc. Roy. Soc. (A)-ban megjelent több értekezését, pl. Proc. Roy. Soc. (A) 141, 282, 1933.

[2] V. FOCK: Zeitschr. f. Phys. 61, 126, 1930.

[3] L. H. THOMAS: Proc. Cambridge Phil. Soc. 23, 713, 1927. E. FERMI: Zeitschr. f. Phys. 48, 73, 1928.

[4] W. LENZ: Zeitschr. f. Phys. 77, 713, 1932. H. JENSEN: Zeitschr. f. Phys. 77, 722, 1932.

[5] TH. NEUGEBAUER és P. GOMBÁS: Zeitschr. f. Phys. 89, 480, 1934, a következőkben I. alatt idézve. P. GOMBÁS: Zeitschr. f. Phys. 92, 796, 1934.

kuláknak egy permanens elektromos dipol vagy quadrupol momentumuk van és ezek között lépnek fel elektromos összetartó erők. Ennek a feltevésnek alapján pl. a nemesgázatomoknak is ilyen momentumokat kellett tulajdonítani. Ezt az elméletet DEBYE és KEESOM dolgozták ki.[1] DEBYE arra az eredményre jutott, hogy ilyen elemi dipolok vagy quadrupolok között csak akkor lépnek fel vonzóerők, ha még figyelembe veszi azt, hogy az atomok vagy molekulák deformálhatók, vagyis ha az atomoknak vagy molekuláknak polarizálhatóságot tulajdonít. KEESOM azonban kimutatta, hogy a polarizálhatóság figyelembevétele nélkül is adódik egy vonzóerő helyes közepelés esetén. De amint a kvantummechanikai eredmények mutatják, ezek az elméletek nem lehetnek helyesek és legfeljebb a jelenségek egy részéről adhatnak számot. Ugyanis a kvantummechanika szerint a nemesgázatomok elektronkonfigurációja gömbszimmétrikus, úgyhogy ezeknek nem lehet egy dipol- vagy quadrupol-momentumot tulajdonítani. A szilárd halogénsavaknál mások a viszonyok, ugyanis az egyes halogénsav molekulák tényleg rendelkeznek egy dipol-momentummal. M. BORN és H. KORNFELD[2] megpróbálták a szilárd halogénsavak kohézióját úgy magyarázni, hogy csak a dipolok között levő elektrosztatikus kölcsönhatásokat vették figyelembe. Feltették, hogy a szilárd halogénsavak egy egyszerű köbös rácsban kristályosodnak, melynél az elemi cellák térbeli diagonálisainak irányában vannak elhelyezve az egyes dipolmomentumok. BORN és KORNFELD elméletük segítségével a szilárd halogénsavak mért szublimációenergiájából kiszámították a dipolmomentumokat. Az eredmények azonban nem egyeztek a tapasztalattal, ugyanis a *HCl*, *HBr*, *HJ* sorban a szublimációenergia növekszik, ebből BORN és KORNFELD elméletéből az következik, hogy az előbbi sorban a dipolmomentumoknak is növekedni kell. A tapasztalat szerint pedig az előbb említett sorban a dipolmomentumok csökkennek. Az eredmények lényegében akkor sem változnak, ha számításaikat annak a figyelembevételével korrigálták, hogy az alapul vett rácstípus nem felel meg a való viszonyoknak, hanem a

[1] P. DEBYE: Phys. Zeitschr. 21, 197, 1930; 22, 302, 1921. W. H. KEESOM: Phys. Zeitschr. 22, 129, 1921; 22, 225, 1922.

[2] M. BORN és H. KORNFELD: Phys. Zeitschr. 24, 121, 1923. H. KORNFELD: Zeitschr. f. Phys. 22, 27, 1924.

szilárd halogénsavak egy köbös, felületen centrált rácsban kristályosodnak. Ezek voltak a klasszikus elmélet eredményei.

Amint látjuk tehát, a klasszikus elmélet nem tudta megmagyarázni az úgynevezett VAN DER WAALS-féle kohéziót. A kérdés lényegesen más stádiumba jutott a kvantummechanikai módszerek kidolgozása után, ugyanis Londonnak a modern elmélet alapján sikerült a VAN DER WAALS-féle kohéziót megmagyarázni.[1] LONDON szerint a VAN DER WAALS-féle kohézió oka abban keresendő, hogy egy atomban az elektronok és a mag egy alternáló elektromos momentumot alkotnak. Ezeknek a momentumoknak az elektromos tere a szomszédos atomban egy momentumot indukál, mely mindig olyan irányú, hogy egy vonzóerő lép fel.

2. A van der Waals-féle erők.

LONDON és EISENSCHITZ a kvantummechanikai perturbációelmélet segítségével a VAN DER WAALS-féle energiára egész általánosan vezettek le egy kifejezést. Mi itt a LONDON-féle elméletet csak röviden vázoljuk, a részletekre vonatkozóan utalunk WANG, továbbá LONDON és EISENSCHITZ eredeti munkájára,[2] azonkívül NEUGEBAUER TIBORnak és a szerzőnek egy régebbi munkájára[3] és NEUGEBAUER TIBORnak ugyanebben a füzetben megjelent értekezésére. A LONDON-féle elmélet segítségével LONDON és MARGENAU[4] két egyenlő atom VAN DER WAALS-féle kölcsönhatási energiájának első három tagját a következő leegyszerűsített formulával állítják elő.

$$W = -\frac{1}{3}\frac{\varepsilon^4}{h\nu_0}\frac{1}{\delta^6}\left(\overline{r^2}\right)^2 - \frac{\varepsilon^4}{h\nu_0}\frac{1}{\delta^8}\left(\overline{r^2}\right)\left(\overline{r^4}\right) - \frac{7}{5}\frac{\varepsilon^4}{h\nu_0}\frac{1}{\delta^{10}}\left(\overline{r^4}\right)^2, \quad (1)$$

ahol $\overline{r^n}$ az atommagtól való távolság n-edik hatványának az atom elektroneloszlása szerinti középértékét jelenti. $h\nu_0$ az ionizációs

[1] F. LONDON: Zeitschr. f. Phys. 63, 245, 1930; Zeitschr. f. Phys. Chem. (B) 11, 222, 1930.

[2] S. C. WANG: Phys. Zeitschr. 28, 663, 1927. R. EISENSCHITZ és F. LONDON: Zeitschr. f. Phys. 60, 491, 1930.

[3] TH. NEUGEBAUER és P. GOMBÁS: l. c.

[4] H. MARGENAU: Phys. Rev. 38, 747, 1931.

energia, δ a két atom közti távolság, e pedig az elemi töltés. A formula első tagja adja a dipol-dipol kölcsönhatást, a második tag a dipol-quadrupol kölcsönhatást, a harmadik pedig a quadrupol-quadrupol kölcsönhatást.

NEUGEBAUER TIBOR egy, a szerzővel végzett közös munkában az (1) alatti formula első tagjára a LONDON—EISENSCHITZ-féle általános formulából egy, az (1)-hez teljesen hasonló fromulát vezetett le azzal a különbséggel, hogy $h\nu_0$ nem az ionizációs energiát, hanem egy energia középértéket jelent, mely a polarizálhatóság segítségével a következőképpen van definiálva. Mint ismeretes, a polarizálhatóság a következő formulával állítható elő:

$$\alpha = 2 \sum_{s'}' \frac{|P(ss')|^2}{h\nu(s's)}, \tag{2}$$

ahol

$$P(ss') = \int \psi_s z e \psi_{s'} d\tau \tag{3}$$

ψ_s és $\psi_{s'}$ az s, ill. az s' állapothoz tartozó saját függvények, z egy derékszögű koordináta, $d\tau$ a térfogatelem, $\nu(s's)$ az a frekvencia, mely az s' állapotból az s állapotba való átmenetnek felel meg, h a PLANCK-féle állandó. Hivatkozva I-re (2)-t a következőképpen alakíthatjuk át:

$$\alpha = \frac{2P^2(ss)}{h\bar{\nu}} = \frac{2\overline{r^2}}{3h\bar{\nu}}, \tag{4}$$

ahol $\bar{\nu}$ a $\nu(s's)$ frekvenciáknak egy alkalmasan választott középértéke. $h\bar{\nu}$-t α segítségével a következőképpen határozhatjuk meg:

$$h\bar{\nu} = \frac{2\overline{r^2}}{3\alpha}. \tag{5}$$

NEUGEBAUER TIBOR az említett munkában kimutatta, hogy a VAN DER WAALS energiának a dipol-kölcsönhatásokat tartalmazó tagja teljesen megfelel (1) első tagjának, csakhogy $h\nu_0$ helyett az (5)-tel definiált $h\bar{\nu}$ áll. NEUGEBAUER TIBOR ugyanezen füzetben megjelent munkájában kimutatja, hogy a két magasabbrendű tagra is le lehet vezetni egy formulát, mely teljesen hasonló (1) második és harmadik tagjához, de melyekben $h\nu_0$ helyett szintén $h\bar{\nu}$ áll. Mi itt csak a végeredményt adjuk meg, a levezetést illetőleg

utalunk az említett munkákra. Két egyenlő atom VAN DER WAALS-féle kölcsönhatási energiájára tehát nyerjük:

$$W = -\frac{1}{3}\frac{\varepsilon^4}{h\bar{\nu}}\frac{1}{\delta^6}\left(\overline{r^2}\right)^2 - \frac{\varepsilon^4}{h\bar{\nu}}\frac{1}{\delta^8}\left(\overline{r^2}\right)\left(\overline{r^4}\right) - \frac{7}{5}\frac{\varepsilon^4}{h\bar{\nu}}\frac{1}{\delta^{10}}\left(\overline{r^4}\right)^2. \quad (6)$$

Legyen a rövidség kedvéért:

$$W_1 = -\frac{1}{3}\frac{\varepsilon^4}{h\bar{\nu}}\frac{1}{\delta^6}\left(\overline{r^2}\right)^2, \quad W_2 = -\frac{\varepsilon^4}{h\bar{\nu}}\frac{1}{\delta^8}\left(\overline{r^2}\right)\left(\overline{r^4}\right),$$
$$W_3 = -\frac{7}{5}\frac{\varepsilon^4}{h\bar{\nu}}\frac{1}{\delta^{10}}\left(\overline{r^4}\right)^2. \quad (7)$$

Ezzel a jelöléssel tehát lesz:

$$W = W_1 + W_2 + W_3. \quad (8)$$

A továbbiakban ezt a formulát fogjuk használni.

$\overline{r^2}$ és $\overline{r^4}$ a LENZ—JENSEN-féle statisztikai elektroneloszlás segítségével nagyon egyszerűen adható meg. Neutrális atomokra nyerjük[1]

$$\overline{r^2} = 11{\cdot}934 Z^{\frac{1}{3}} a_H^2 \quad (9)$$

$$\overline{r^4} = 1266{\cdot}0 \frac{1}{Z^{\frac{1}{3}}} a_H^4, \quad (10)$$

ahol Z az atom rendszáma és a_H az első BOHR-féle hydrogen radius. $h\bar{\nu}$ (5) segítségével (9)-cel és az empirikusan meghatározott polarizálhatóság segítségével szintén egyszerűen számítható ki.

Tehát a (6) alatti formulában előforduló összes mennyiségeket meg tudjuk határozni.

3. Az atomok között fellépő taszító erők.

Az előző fejezetben az atomok között fellépő VAN DER WAALS-féle energiával foglalkoztunk, mely a vonzóerőket reprezentálja két atom között. De egyedül a (6) alatti energia nem adna még választ a molekula és kristályképződés kérdéseire, ugyanis a (6) alatti energia egyedül nem ad minimumot, vagyis egy stabilis egyensúlyi helyzetet. Hogy egy energiaminimum létrejöhessen,

[1] P. GOMBÁS: Zeitschr. f. Phys. 87, 57, 1933.

szükséges, hogy még taszítóerők is fellépjenek, ilyenek — mint ismeretes — az elektronfelhők fedése következtében tényleg hatnak az atomok között.

LONDON az (1) alatti formula első tagjával, vagyis a magasabbrendű tagoknak elhanyagolásával, továbbá az elektronfelhők kölcsönös fedése következtében létrejövő taszítóerőknek elhagyásával végzett számításokat. LONDON az (1) alatti formula első tagjának segítségével egy egyszerű formulát vezetett le[1] a kristályok szublimációhőjére, melyben a rácsállandó is szerepelt. A rácsállandó helyébe a mért adatokat betéve, LONDON a szublimációhőre a tapasztalattal nagyon jól egyező eredményeket kapott. LONDON számításai azonban a jó egyezés ellenére sem meggyőző erejűek, mint azt M. BORN is megjegyzi.[2] Ugyanis LONDON két elhanyagolást végzett, mégpedig egyrészt elhanyagolta (1)-ben a második és harmadik tagot, másrészt pedig elhanyagolta a taszítóerőket. E fejezet további részében éppen ezekkel a taszítóerőkkel, illetőleg a nekik megfelelő energiával fogunk foglalkozni. W. LENZ és H. JENSEN két neutrális atom kölcsönhatási energiájára a következő energiaértéket vezették le:[3]

$$\left.\begin{aligned} U_K &= \frac{\varepsilon^2}{\delta} Z_1 Z_2 [g_1(\delta) + g_2(\delta)] \\ U_E &= -\frac{\varepsilon^2}{\delta} Z_1 Z_2 \left[g_2(\delta) + \delta \int \frac{d\tau}{4\pi} \frac{g_1(r_1)}{r_1} \frac{\Delta\varphi_2(r_2)}{Z_2 \varepsilon} \right] \\ U_F &= \varkappa \int \frac{d\tau}{4\pi} \left\{ |\Delta\varphi_1 + \Delta\varphi_2|^{\frac{5}{3}} - |(\Delta\varphi_1)^{\frac{5}{3}} + (\Delta\varphi_2)^{\frac{5}{3}}| \right\}, \end{aligned}\right| \quad (11)$$

ahol az 1 és 2 indexek a két atomra vonatkoznak. Z_1 és Z_2 a két atom rendszáma. $g_1(r_1)$ és $g_2(r_2)$ függvényei a helynek, mégpedig neutrális atomnál:

$$\frac{Z_i \varepsilon g_i(r_i)}{r_i}$$
$$(i = 1, 2)$$

---

[1] F. LONDON: Zeitschr. f. Phys. Chem. (B) 11, 222, 1930.
[2] M. BORN: Handb. d. Phys. 2. Aufl. XXIV/2. S. 755.
[3] W. LENZ és H. JENSEN: l. c.

adja az atom összpotenciálját a magtól r_i távolságban. $\varphi_i\,(i=1,2)$ az i-edik atom elektronfelhőjének potenciálja, Δ a LAPLACE-operátor. Tehát $\Delta\varphi_i$ az i-edik atom elektronsűrűségének $4\pi\varepsilon$-szorosa. δ a két atom egymástól való távolsága. $\varkappa$ egy numerikus faktor, éspedig $\varkappa = \frac{3}{5}\left(\frac{3\pi}{8\sqrt{2}}\right)^{\frac{2}{3}}\varepsilon^{\frac{1}{3}}a_H$.

Az egyes energia termek jelentése a következő: U_K adja azt az energiát, amely onnan származik, hogy mindegyik mag belemerül a másik ion elektronfelhőjébe, amiből egy taszítás keletkezik. U_K tehát mindig pozitív. U_E az elektronfelhők fedése következtében létrejövő energiacsökkenés. A harmadik tag U_F adja az úgynevezett FERMI-féle taszítást, ami a PAULI-principium következménye. A PAULI-principium szerint a fázistér egy elemi cellájában a spin figyelembevételével legfeljebb két elektron lehet jelen. Egy atomban az elektronok elfoglalják a fázistér legalacsonyabb energiájú celláit, úgyhogy ezek be vannak töltve. Már most, ha két atomot egymáshoz közelítünk, akkor az elektronfelhőik fedik egymást, vagyis az elektronsűrűség megnő. Hogy a fázistér elemi celláiba ne jusson 2-nél több elektron, egyes elektronokat magasabb energiájú, még nem teljesen betöltött cellákba kell felemelni, aminek fejében a rendszerrel energiát kell közölnünk. Ezt az energiát adja U_F, mely tehát mindig pozitív.

Az energiatermek pontos kiszámítása rendkívül nagy numerikus számolással jár. A szerző egy közelítő módszert dolgozott ki,[1] melynek segítségével a (11) alatti energiatermek összege analitikailag határozható meg egyszerű módon. Mi itt csak az eredményt adjuk meg. Legyen

$$U_S = U_K + U_E + U_F \tag{12}$$

akkor jó közelítésben nyerjük

$$U_S = -\,Z_1\varepsilon\,G_1\Delta\varphi_2(\delta) + \tfrac{5}{2}\varkappa\,[D_1\Delta\varphi_2(\delta) + D_2\Delta\varphi_1(\delta)], \tag{13}$$

ahol

$$G_1 = \int_0^\infty g_1(r_1)\,r_1 dr_1 \tag{14}$$

$$D_i = \int_0^\infty [\Delta\varphi_i(r_i)]^{\frac{3}{5}} r_i^2 dr_i \qquad (i=1,2) \tag{15}$$

[1] P. GOMBÁS: Zeitschr. f. Phys. 93, 378, 1935.

Két egyenlő atom esetén nyerjük

$$U_S = (\tfrac{10}{8} \varkappa D - Z\varepsilon G)\, \Delta\varphi(\delta), \tag{16}$$

ahol most az 1 és 2 indexeket elhagytuk.

4. A szilárd krypton rácsállandójának és szublimációhőjének kiszámítása.

Alkalmazzuk már most a (6) és (16) alatti formuláinkat a szilárd *Kr* rácsállandójának és szublimációenergiájának meghatározására. A *Kr* esetében (9)-ből és (10)-ből nyerjük

$$\overline{r^2} = 39{\cdot}45 a_H^2 \tag{17}$$

$$\overline{r^4} = 383{\cdot}4 a_H^4 \tag{18}$$

$h\bar{\nu}$-t szintén egyszerűen határozhatjuk meg. α empirikus értéke a következő $\alpha = 2{,}467 . 10^{-24}$ cm^3 $= 16{,}67 a_H^3$. Ezzel az értékkel és a (17) alatti adattal (5)-ből nyerjük

$$h\bar{\nu} = 1{\cdot}578 \frac{\varepsilon^2}{a_H} \tag{19}$$

Ezeknek az adatoknak a segítségével δ minden értékére meg tudjuk határozni W-t.

Két *Kr* atom közti taszítóerőkre pedig (16)-ból a következő kifejezés adódik:

$$U_S = 19{\cdot}33 \Delta\varphi(\delta)\, \varepsilon a_H^2. \tag{20}$$

Tudjuk azt, hogy a szilárd *Kr* rácsa egy felületen centrált rács, vagyis minden atomnak 12 közvetlen szomszédja van. Jelöljük a közvetlen szomszédok közti távolságot, vagyis azt a legrövidebb távolságot, amelyre a rácsban két atom van δ-val. Az energiákat, úgy W-t, mint U_S-t, összegeznünk kell a rácsra. A legfontosabb és δ nagyobbodásával a leglassabban csökkenő tag (6)-ban az első tag. Erre a tagra az összegezés JONES és INGHAM eredményeivel [1] nagyon egyszerűen keresztülvihető. Ha az energiát egy atomra

[1] J. E. JONES és A. E. INGHAM: Proc. Roy. Soc. London (A) 107, 636, 1925.

vonatkoztatjuk, akkor az adódik, hogy (6) első tagját egy 7·22696 nagyságú faktorral kell szorozni. A (6) alatti formula második és harmadik tagjára, valamint a (20) alatti energiára az összegezést egyszerűen úgy végezhetjük el, hogy mindenütt 6-tal szorzunk. Ezek az utóbb említett energiák ugyanis oly gyorsan csökkennek δ növekedésével, hogy ezeknél egy atomnak csak a 12 közvetlen szomszédja játszik lényeges szerepet. Ha tehát az atomra vonatkoztatott összenergiát E-vel jelöljük, akkor nyerjük:

$$E = 7{\cdot}22696\,W_1 + 6\,W_2 + 6\,W_3 + 6\,U_S. \tag{21}$$

A numerikus eredmények az I. táblázatban vannak feltüntetve. Az összes energiák $\frac{\varepsilon^2}{a_H}$ egységekben vannak kifejezve.

I. táblázat.

δ	$6{\cdot}0a_H$	$7{\cdot}0a_H$	$7{\cdot}5a_H$	$8{\cdot}0a_H$	$8{\cdot}5a_H$	$9{\cdot}0a_H$
$7{\cdot}22696\,W_1$	0·05093	−0·02019	−0·01335	−0·00906	−0·00630	0·00447
$6\,W_2$	−0·03424	−0·00998	−0·00575	−0·00343	−0·00211	−0·00134
$6\,W_3$	−0·01294	−0·00277	−0·00139	−0·00073	−0·00040	−0·00022
$6\,U_S$	+0·10324	+0·03109	+0·01752	+0·00996	+0·00582	+0·00347
E	+0·00513	−0·00185	−0·00297	−0·00326	−0·00299	−0·00256

Amint látható, E minimuma $\delta_0 = 8{,}0a_H$-nál van. E minimumának megfelelő δ adja a rácsállandót, E minimuma pedig a szublimációenergia S. A rácsállandóra δ_0-ra tehát nyerjük:

$$\delta_0 = 8{\cdot}0a_H = 4{\cdot}2_6 \text{ Å} \tag{22}$$

A szublimációenergiára pedig adódik:

$$S = E_{\min} = -0{\cdot}00326\,\frac{\varepsilon^2}{a_H}. \tag{23}$$

Ha ezt kalorikus egységekben fejezzük ki, egy Molra vonatkoztatjuk és az előjeltől eltekintünk, nyerjük:

$$S = 2{\cdot}04\,\frac{\text{kcal}}{\text{Mol}} \tag{24}$$

A mért rácsállandó [1]

$$\delta = 3{\cdot}95 \text{ Å},$$

amellyel eredményünk jól egyezik. A krypton szublimációenergiájára nincsenek mérési adatok, különböző extrapolációkból $2{\cdot}4 \frac{\text{kcal}}{\text{Mol}}$ nagyságúnak adódik. Az elméletileg meghatározott szublimációenergia tehát szintén jól egyezik az extrapolált adattal.

5. Az eredmények diszkussziója.

Amint a táblázatból látható, a kristály kötésénél lényeges szerepet játszanak a VAN DER WAALS-féle energia magasabbrendű tagjai, amelyeket LONDON a számításaiban elhanyagolt. LONDON számításával kapcsolatban még egy dologra szeretnénk rámutatni, ami az (1) és (6) alatti formulákra vonatkozik. LONDONnak az (1) alatti formulájában $h\nu_0$ az ionizációs energiát jelenti, míg nálunk $h\bar{\nu}$ az (5) formula által van definiálva. Ennek következtében a két formula különböző számértékekhez vezet. Mégpedig LONDON formulája lényegesen kisebb értékeket ad, mint a (6) alatti formula. A levezetésből (lásd az idézett munkákat) azonban nyilvánvaló, hogy a (6) alatti formula megbízhatóbb, mint LONDON formulája. Ezt támogatja a következő körülmény is. A VAN DER WAALS-energia első tagjára KIRKWOOD [2] is levezetett egy formulát, amely szintén lényegesen nagyobb értékeket ad, mint LONDONé és sokkal jobban egyezik a (6) alatti formulával, mint LONDONé. Összehasonlítás kedvéért megadjuk *Kr*-ra LONDON formulájának első tagját, KIRKWOOD formuláját és a (6) alatti formula első tagját. Ezek a következők:

$$\text{LONDON szerint} \quad W_1 = -\frac{107{\cdot}34\varepsilon^2 a_H^5}{\delta^6}$$

$$\text{KIRKWOOD szerint} \quad W_1 = -\frac{379{\cdot}00\varepsilon^2 a_H^5}{\delta^6}$$

$$\text{(6) szerint} \quad W_1 = = \frac{328{\cdot}75\varepsilon^2 a_H^5}{\delta^6},$$

[1] LANDOLT—BÖRNSTEIN: Physikalisch-Chemische Tabellen.

[2] J. G. KIRKWOOD: Phys. Zeitschr. 33, 57, 1932.

amiből az a megnyugtató eredmény adódik, hogy a (6) alatti formula első, vagyis lényeges tagja a LONDON és KIRKWOOD által megadott értékek között fekszik.

Az is nyilvánvaló, hogyha LONDON formuláját használtuk volna, akkor az energiagörbe mindenütt pozitív lett volna, vagyis nem kaptunk volna kötést. Természetesen tudatában vagyunk annak, hogy a (20) alatti formula a taszítóenergia számára kissé nagy értékeket ad, de minthogy ez a formula az ionkristályoknál nagyon jó eredménnyel volt alkalmazható, fel lehet tételezni, hogy itt is helyes eredményre vezet és az eredmények pontosságát nem befolyásolja lényegesen.

A vallás- és közoktatásügyi minisztériumnak hálás köszönetet mondok, hogy nekem az 1936/37. tanulmányi évre egy belföldi tudományos kutató ösztöndíjat engedélyezett. Dr. ORTVAY RUDOLF ny. r. egyetemi tanár úrnak hálásan köszönöm szíves támogatását, mellyel munkám keresztülvitelét lehetővé tette.

Elméleti Fizikai Intézet, Budapest, 1936. szeptember.

(A M. T. Akadémia III. osztályának 1936. okt. 12-én tartott üléséből.)

BERECHNUNG DER KONSTANTEN DES FESTEN KRYPTONS.

Von PAUL GOMBÁS.

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist, die Konstanten des festen Kryptons theoretisch zu bestimmen, wobei für den Ausdruck der VAN DER WAALS'schen Energie eine neue Formel benutzt wird. Diese Formel wird in der vorangehenden Arbeit von TH. NEUGEBAUER ausführlich diskutirt. Bezüglich der Herleitung dieser Formel verweisen wir auf die im vorigen zitierten Arbeiten und geben die Resultate hier nur kurz an. Sie lautet für zwei gleiche neutrale Atome folgendermassen:

$$W = -\frac{1}{3}\frac{\varepsilon^4}{h\bar{\nu}}\frac{1}{\delta^6}\overline{(r^2)}^2 - \frac{\varepsilon^4}{h\bar{\nu}}\frac{1}{\delta^8}\overline{(r^2)}\,\overline{(r^4)} - \frac{7}{5}\frac{\varepsilon^4}{h\bar{\nu}}\frac{1}{\delta^{10}}\overline{(r^4)}^2, \quad (1)$$

wo $h\bar{\nu}$ im Gegensatz zur LONDON—MARGENAU'schen Formel nicht die Ionisierungsenergie des Atoms bedeutet, sondern folgendermassen definiert ist:

$$h\bar{\nu} = \frac{2\overline{r^2}}{3\alpha} \quad (2)$$

wo α die Polarisierbarkeit bedeutet.

Formel (1) gibt die Anziehungsenergie zwischen zwei Atomen. Ausser dieser hat man noch die Abstossungsenergie zu berücksichtigen, welche infolge der Überdeckung der Elektronenwolken zustande kommt. Wir benutzen für diese Energie die von W. LENZ und H. JENSEN hergeleiteten Energieterme und berechnen diese nach einem Näherungsverfahren, welches vom Verfasser in einer früheren Arbeit ausgearbeitet wurde. Mit Hilfe dieses Verfahrens erhält man für zwei gleiche neutrale Atome für die infolge der Überdeckung der Elektronenwolken zustande kommende Energie:

$$U_S = (\tfrac{10}{3}\varkappa D - Z\varepsilon G)\,\Delta\varphi(\delta), \quad (3)$$

wo $\Delta\varphi(\delta)$ das 4π-fache der Ladungsdichte in der Entfernung δ vom Kern darstellt. $\varkappa$ ist ein numerischer Faktor und zwar ist

$$\varkappa = \frac{3}{5}\left(\frac{3\pi}{8\sqrt{2}}\right)^{\frac{2}{3}} \varepsilon^{\frac{1}{3}} a_H,$$

wo ε die Elementarladung und a_H den ersten H-Radius bedeutet, Z ist die Ordnungszahl. Die Grössen G und D sind folgendermassen definiert:

$$G = \int_0^\infty g(r)\, r dr, \qquad D = \int_0^\infty [\Delta\varphi(r)]^{\frac{2}{3}} r^2 dr,$$

wo $g(r)$ die Abschirmungsfunktion im Potential des Atoms bedeutet. r ist die Entfernung vom Kern.

Diese Energien wurden nun über das Gitter des Kr summiert und daraus die Energie des Kristalls berechnet. Das Minimum der Energie gibt die Sublimationswärme S des Kryptons. Das entsprechende δ gibt die Gitterkonstante. Man erhält für diese beiden Grössen

$$\delta_0 = 4{\cdot}2_6 \text{ Å}$$
$$S = 2{\cdot}04 \frac{\text{kcal}}{\text{Mol}}$$

in guter Übereinstimmung mit den experimentell bestimmten Konstanten, welche die folgende sind:

$$\delta = 3{\cdot}95 \text{ Å}$$
$$S = 2{\cdot}4 \frac{\text{kcal}}{\text{Mol}} \text{ (extrapoliert).}$$

Budapest, Institut für theoretische Physik der Universität, Sept. 1936.

(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften vom 12. Okt. 1936.)

A POTENCIÁLIS ÉS KINETIKUS ENERGIA-VÁLTOZÁSOK KÖZELÍTŐ ÖSSZEFÜGGÉSÉRŐL ATOMI RENDSZEREK KÖLCSÖNHATÁSÁNÁL.

GOMBÁS PÁL-tól.

Ennek a munkának a célja a THOMAS—FERMI elméletben az atomok kölcsönhatásánál fellépő potenciális és kinetikus energiaváltozásokra egy közelítő összefüggést levezetni. Tárgyalásainknál a LENZ és JENSEN által levezetett energiatermekből indulunk ki. A kinetikus energiaváltozást a THOMAS—FERMI egyenlet segítségével sikerül hasonló alakra hozni, mint a potenciális energiaváltozást, miáltal a következő közelítő összefüggéshez jutunk

$$2P = -K, \tag{1}$$

ahol P a potenciális és K a kinetikus energiaváltozás. Ez az egyenlet az exakt THOMAS-FERMI elméletben érvényes.

A LENZ—JENSEN-féle elméletben, mely a THOMAS—FERMI elméletnek egy módosítása, egy korrekciós faktor figyelembevételével, a következő közelítő összefüggéshez jutunk:

$$2{\cdot}54\ P = -K \tag{2}$$

Az (1) és (2) formulák neutrális atomok kölcsönhatására lettek levezetve, de a LENZ—JENSEN-féle pozitív és negatív egyszeres ionokra is jó közelítésben érvényesek. A $Rb^+ - Br^-$ és a $K^+ - Cl^-$ kölcsönhatásokra vonatkozó numerikus eredmények tényleg igazolják a (2) alatti formula közelítő érvényességét ionokra.

Az (1) és (2) egyenletek csak abban az esetben érvényesek, ha a kölcsönhatásban levő atomok elektronfelhőit merevnek tekintjük és a kölcsönhatásnál a felhőknek csak egyszerű szuperpozícióját vesszük figyelembe.

Elméleti Fizikai Intézet, Budapest, 1936. szept.

(A M. T. Akadémia III. osztályának 1936. okt. 12-én tartott üléséből.)

ÜBER EINEN NÄHERUNGSWEISEN ZUSAMMENHANG DER POTENTIELLEN UND KINETISCHEN ENERGIEÄNDERUNG BEI DER WECHSELWIRKUNG ATOMARER SYSTEME.

Von PAUL GOMBÁS in Budapest.

Die von W. LENZ und H. JENSEN auf statistischem Wege hergeleiteten Energieterme, welche aus der Wechselwirkung zweier neutraler Atome resultieren, kann man in zwei Teile zerlegen und zwar in einen potentiellen und in einen kinetischen Energieanteil. Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist zu zeigen, dass zwischen diesen beiden Energieanteilen eine sehr einfache näherungsweise Beziehung besteht und zwar ist in der exakten THOMAS FERMIschen Theorie der Betrag des kinetischen Energieanteiles angenähert doppelt so gross wie der Betrag des potentiellen Energieanteiles. In der abgeänderten LENZ—JENSENschen Theorie ist der Betrag des kinetischen Energieanteiles angenähert dem 2·54-fachem Betrage des potentiellen Energieanteils gleich. Diese letztere Beziehung hat auch für die von LENZ und JENSEN angegebenen einfach geladenen positiven und negativen Ionen eine näherungsweise Gültigkeit. Die Resultate gelten nur im Falle einfacher Superposition der atomeren Elektronenwolken der in gegenseitiger Wechselwirkung befindlichen Atome. Die Anwendbarkeit der hergeleiteten Näherungsgleichungen wird besprochen.

Eine der brauchbarsten und einfachsten Näherungsmethoden, mit Hilfe derer man die Elektronenverteilung der Atome oder Ionen bestimmen kann, ist die statistische Methode von THOMAS und FERMI.[1] Wie bekannt beruht diese Methode darauf, die Elektronen des Atoms oder Ions als ein entartetes Elektronengas zu betrachten und die Verteilung des Elektronengases im Felde des Kernes zu bestimmen. Diese Verteilung wird durch die bekannte THOMAS—FERMIsche Gleichung bestimmt, welche für neutrale Atome die folgende ist:

$$\Delta\chi = \gamma\chi^{\frac{3}{2}} \tag{1}$$

[1] L. H. THOMAS, Proc. Cambridge Phil. Soc. 23, 713, 1927; E. FERMI, ZS. f. Phys. 48, 73, 1928.

wo χ das Gesamtpotential des Atoms und Δ den LAPLACE-schen Operator bedeutet. $\Delta\chi$ gibt also das 4π-fache der Ladungsdichte der Elektronen, γ ist folgender numerischer Faktor

$$\gamma = \frac{8\sqrt{2}}{3\pi} \frac{1}{\varepsilon^{\frac{1}{2}} a_H^{\frac{3}{2}}}$$

wo ε die positive Elementarladung und a_H der erste BOHR-sche H-Radius ist.

Die Gleichung (1) hat nur numerische Lösungen, was bei verschiedenen Anwendungen unhandlich ist. LENZ und JENSEN konnten für die Elektronenverteilung einen analytischen Ausdruck angeben,[1] indem sie von der Differentialgleichung (1) zum entsprechenden Variationsproblem übergingen und dieses mit Hilfe des RITZ-schen Approximationsverfahrens lösten. Ihre Lösung ist keine exakte Lösung von (1), nähert diese aber sehr gut an und ist für viele Probleme viel brauchbarer als die exakte numerische Lösung der Differentialgleichung.

LENZ und JENSEN leiteten auf Grund der statistischen Theorie für die Wechselwirkungsenergie zweier Atome oder Ionen auf sehr anschaulicher Weise einfache Ausdrücke her, bezüglich deren Herleitung wir auf die Originalarbeit[2] verweisen. Für zwei neutrale Atome, auf welche wir uns zunächst beschränken, sind diese Energieterme die folgenden

$$\left.\begin{aligned} U_K &= Z_i Z_k \frac{\varepsilon^2}{\delta} [g_i(\delta) + g_k(\delta)] \\ U_E &= -\frac{1}{2} Z_i Z_k \frac{\varepsilon^2}{\delta} [g_i(\delta) + g_k(\delta) + I_{ik} + I_{ki}] \\ U_F &= -\varkappa \int \frac{d\tau}{4\pi} \Big\{ [\Delta\chi_i(r_i) + \Delta\chi_k(r_k)]^{\frac{5}{3}} - [\Delta\chi_i(r_i)]^{\frac{5}{3}} - [\Delta\chi_k(r_k)]^{\frac{5}{3}} \Big\}, \end{aligned}\right\} \quad (2)$$

wo I_{pq} folgende Bedeutung hat

$$I_{pq} = \frac{\delta}{Z_i Z_k \varepsilon^2} \int \frac{d\tau}{4\pi} \chi_p(r_p)\, \Delta\chi_q(r_q) \quad (3)$$
$$(p = i, k)$$
$$(q = i, k)$$

---

[1] W. LENZ, ZS. f. Phys. 77, 713, 1932; H. JENSEN, ZS. f. Phys. 77, 722, 1932.

[2] W. LENZ und H. JENSEN, l. c.

Die Bedeutung der verschiedenen Zeichen ist folgende: $Z_n (n = i, k)$ ist die Ordnungszahl des n-ten Atoms, δ die Entfernung der beiden Atome, $g_n(\delta)$ ist die Abschirmungsfunktion des Gesamtpotentials des Atoms n an der Stelle δ. $\chi_n(r_n)$ ist das Gesamtpotential des n ten Atoms an der Stelle r_n und zwar ist

$$\chi_n(r_n) = \frac{Z_n \varepsilon g_n(r_n)}{r_n},$$

wo r_n die Entfernung vom Kern des n-ten Atoms bedeutet. $\varkappa$ ist folgender numerischer Faktor

$$\varkappa = \frac{3}{5}\left(\frac{3\pi}{8\sqrt{2}}\right)^{\frac{2}{3}} \varepsilon^{\frac{1}{3}} a_H.$$

$d\tau$ bedeutet das Volumenelement. Die Integrationen sind auf den ganzen Raum auszudehnen.

Die Bedeutung der Energieterme wurde öfters diskutiert, der folgenden halber geben wir sie jedoch auch hier kurz an. Die Wechselwirkungsenergie kommt in der zugrunde gelegten Näherung dadurch zustande, dass die starr angenommenen Elektronenwolken in einander dringen, also einander überdekken. Und zwar gibt U_K jene Energie, welche daraus resultiert, dass jeder Kern in die Elektronenwolke des anderen Atoms eindringt. Wie man leicht einsieht, resultiert daraus eine Abstossungsenergie, also ist U_K immer positiv. U_E representiert die elektrostatische Energieverminderung, welche zufolge der Überdeckung der Elektronenwolken entsteht. U_F gibt die Änderung der kinetischen Nullpunktsenergie des Elektronengases, welche infolge der Überdeckung der Elektronenwolken zustande kommt.

Bei Ionen kommt zu den Energien (2) noch die COULOMBsche Wechselwirkungsenergie der Ionen, welche uns jedoch im folgenden nicht weiter interessiert.

U_K und U_E sind die Anteile der potentiellen Energieänderung, U_F gibt die Änderung der kinetischen Energie.

Der Kürze halber führen wir folgende Bezeichung ein

$$P = U_K + U_E \tag{4}$$

$$K = U_F. \tag{5}$$

Unser Ziel ist nur zwischen der potentiellen Energieänderung P, und der kinetische Energiänderung K, welche durch das Überdecken der Elektronenwolken herrühren, einen Zusammenhang herzuleiten.

Wir befassen uns zunächst mit U_F, welchen Energieterm wir für unsere Zwecke umformen werden. Die Integration in U_F wird auf den ganzen Raum ausgedehnt. Wir teilen nun den Raum mit Hilfe einer auf die Kernverbindungslinie der Atome

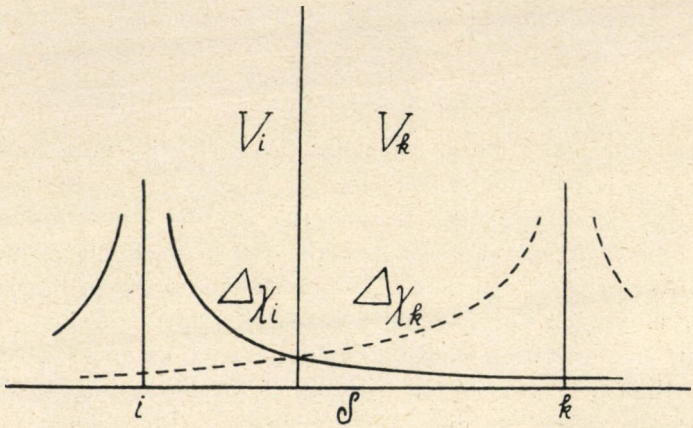


Fig. 1.

senkrechten Ebene in zwei Teile V_i und V_k. Es sei V_i derjenige Raumteil, in welchem $\Delta\chi_i > \Delta\chi_k$ ist und ν_k derjenige Raumteil wo $\Delta\chi_k > \Delta\chi_i$ ist. Die Verhältnisse veranschaulicht die Fig. 1. Die Trennungsebene erhält also Punkte, oder liegt in der Nähe von Punkten, in welchen $\Delta\chi_i \cong \Delta\chi_k$ ist. In den beiden Raumteilen V_i und V_k kann man also das Integral in U_F nach $\Delta\chi_k$, bezw. $\Delta\chi_i$ in eine Reihe entwickeln. Wenn man die Reihe nach dem Glide erster Ordnung abbricht und ausserdem in V_i $(\Delta\chi_k)^{\frac{5}{3}}$ als eine kleine Grösse von höherer Ordnung vernachlässigt, so erhält man in V_i

$$U_F^{(i)} = \frac{5}{3} \varkappa \int_{V_i} \frac{d\tau}{4\pi} [\Delta\chi_i(r_i)]^{\frac{2}{3}} \Delta\chi_k(r_k) \qquad (6)$$

ganz analog erhält man in V_k

$$U_F^{(k)} = \frac{5}{3} \varkappa \int_{V_k}^{\cdot} \frac{d\tau}{4\pi} [\Delta\chi_k(r_k)]^{\frac{5}{3}} \Delta\chi_i(r_i) \tag{7}$$

und es gilt in guter Näherung

$$U_F = U_F^{(i)} + U_F^{(k)}. \tag{8}$$

Da für die Elektronverteilung beider Atome die THOMAS-FERMISCHE Gleichung besteht, so folgt

$$(\Delta\chi_n)^{\frac{5}{3}} = \gamma^{\frac{2}{3}} \chi_r \qquad (n = i, k.) \tag{9}$$

Mit Hilfe von (9) kann man (6) und (7) umformen. Wenn man berücksichtigt, das $\frac{5}{3}\varkappa\gamma^{\frac{2}{3}}=1$ ist, erhält man

$$U_F = U_F^{(i)} + U_F^{(k)} = \int_{V_i}^{\cdot} \frac{d\tau}{4\pi} \chi_i(r_i) \Delta\chi_k(r_k) + \int_{V_k}^{\cdot} \frac{d\tau}{4\pi} \chi_k(r_k) \Delta\chi_i(r_i). \tag{10}$$

Wir können U_F weiter umformon indem wir aus folgender Identität ausgehen

$$\begin{aligned} U_F = &\int_{V_i}^{\cdot} \frac{d\tau}{4\pi} \chi_i(r_i)\, \Delta\chi_k(r_k) + \int_{V_k}^{\cdot} \frac{d\tau}{4\pi} \chi_k(r_k)\, \Delta\chi_i(r_i) + \\ &+ \int_{V_k}^{\cdot} \frac{d\tau}{4\pi} \chi_i(r_i)\, \Delta\chi_k(r_k) + \int_{V_i}^{\cdot} \frac{d\tau}{4\pi} \chi_k(r_k)\, \Delta\chi_i(r_i) - \\ &- \int_{V_k}^{\cdot} \frac{d\tau}{4\pi} \chi_i(r_i)\, \Delta\chi_k(r_k) - \int_{V_i}^{\cdot} \frac{d\tau}{4\pi} \chi_k(r_k)\, \Delta\chi_i(r_i). \end{aligned} \tag{11}$$

Hier ergibt die Summe des ersten und dritten Gliedes $\frac{Z_i Z_k \varepsilon^2}{\delta} I_{ik}$, die Summe des zweiten und vierten Gliedes $\frac{Z_i Z_k \varepsilon^2}{\delta} I_{ki}$, so dass man erhält

$$\begin{aligned} U_F = Z_i Z_k \frac{\varepsilon^2}{\delta} (I_{ik} + I_{ki}) - &\int_{V_k}^{\cdot} \frac{d\tau}{4\pi} \chi_i(r_i)\, \Delta\chi_k(r_k) - \\ - &\int_{V_i}^{\cdot} \frac{d\tau}{4\pi} \chi_k(r_k)\, \Delta\chi_i(r_i). \end{aligned} \tag{12}$$

In (12) kann man noch die zwei letzten Glieder umformen. Und zwar kann man das Integral

$$\int_{V_k} \frac{d\tau}{4\pi} \chi_i(r_i)\, \Delta\chi_k(r_k)$$

im Raumteil V_k als eine Mittelung von χ_i nach $\Delta\chi_k$ auffassen. $\Delta\chi_k$ weisst im Punkte k ein starkes Maximum auf und da $\chi_i(r_i)$ einen analogen Verlauf hat wie $\Delta\chi_i(r_i)$ sieht man leicht ein, dass das wichtigste Gebiet für das gesamte Integral die Umgebung des Punktes k ist. Das Integral kann man auf folgende Weise angenähert berechnen. Wir ersetzen in V_k die Funktion $\chi_i(r_i)$ durch einen Mittelwert und zwar durch $\chi_i(\delta)$ also durch jenen Wert, den $\chi_i(r_i)$ in der Entfernung δ also im Punkte k annimmt, wodurch man erhält

$$\int_{V_k} \frac{d\tau}{4\pi} \chi_i(r_i)\, \Delta\chi_k(r_k) = \chi_i(\delta) \int_{V_k} \frac{d\tau}{4\pi}\, \Delta\chi_k(r_k) \tag{13}$$

Da bei genügend grosser Entfernung der beiden Atome, für $\delta > 4{\cdot}0 a_H$, nur ein ganz unbedeutender Teil der Elektronenladung des k-ten Atoms in das Gebiet V_i hinüberfällt, da also $\Delta\chi_k(r_k)$ in V_i sehr klein ist, kann man in guter Näherung das Integral in (13) statt nur auf V_k auf den ganzen Raum ausdehnen. Da dieses Integral auf den ganzen Raum ausgedehnt die gesamte Elektronenladung $Z_k\varepsilon$ des Atoms k gibt, erhält man für $\delta > 4{\cdot}0 a_H$ näherungsweise

$$\int_{V_k} \frac{d\tau}{4\pi} \chi_i(r_i)\, \Delta\chi_k(r_k) = Z_k \varepsilon \chi_i(\delta) \tag{14}$$

und ganz analog

$$\int_{V_i} \frac{d\tau}{4\pi} \chi_k(r_k)\, \Delta\chi_i(r_i) = Z_i \varepsilon \chi_k(\delta). \tag{15}$$

Wenn man diese Resultate in (12) einsetzt und berücksichtigt,

$$\text{dass } \chi_n(\delta) = \frac{Z_n \varepsilon g_n(\delta)}{\delta}$$
$$(n = i, k)$$

ist, erhält man

$$K = U_F = Z_i Z_k \frac{\varepsilon^2}{\delta} [I_{ik} + I_{ki} - g_i(\delta) - g_k(\delta)]. \tag{16}$$

Wir haben also die kinetische Energieänderung mit denselben Grössen dargestellt, welche in den Energietermen U_K und U_E, also in den Energieanteilen, aus welchen sich die potentielle Energieänderung zusammensetzt, vorkommen. Um den gewünschten Zusammenhang zwischen P und K zu erhalten, haben wir nur noch P explicite anzugeben und mit K zu vergleichen. Mit den Energieanteilen (2) erhält man

$$P = U_K + U_E = -\frac{1}{2} Z_i Z_k \frac{\varepsilon^2}{\delta} [I_{ik} + I_{ki} - g_i(\delta) - g_k(\delta)]. \tag{17}$$

Ein Vergleich mit (16) führt zu folgender Relation

$$2P = -K. \tag{18}$$

Wenn mann die gesamte aus dem Überdecken der Elektronenwolken resultierende Energieänderung mit E bezeichnet, wenn man also

$$E = P + K \tag{19}$$

setzt, so folgt mit Hilfe von (18)

$$E = -P \tag{20}$$

oder

$$E = \frac{K}{2}. \tag{21}$$

All dies gilt für die exakte THOMAS—FERMIsche Theorie, in welcher die THOMAS—FERMIsche Gleichung erfüllt ist. Um unsere Resultate auch auf die LENZ—JENSENsche-Methode übertragen zu können, müssen wir eine Korrektion einführen. Bei LENZ und JENSEN wird nämlich die THOMAS-FERMI-sche Gleichung nicht exakt, sondern nur näherungsweise erfüllt. Da wir aber bei der Herleitung der Beziehung (18) diese Gleichung benutzten, müssen wir unsere Resultate, wenn wir diese auf die LENZ—JENSENsche-Methode übertragen wollen, noch korrigieren.

Nach der THOMAS—FERMIschen Gleichung für neutrale Atome sind $\Delta\chi$ und $\gamma\chi^{\frac{3}{2}}$ einander gleich. Bei LENZ und JENSEN ist in den äusseren Gebieten des Atoms $\gamma\chi^{\frac{3}{2}}$ immer kleiner als $\Delta\chi$. Wir wollen nun für die LENZ—JENSENsche Potentialfunktion einen durchschnittlichen Korrektionsfaktor λ bestimmen, mit Hilfe dessen man eine zur THOMAS-FERMIschen Gleichung analoge Näherungsleichung angeben kann. In der exakten THOMAS—FERMIschen Theorie gilt die folgende Beziehung

$$\int \frac{d\tau}{4\pi}\gamma\chi^{\frac{3}{2}} = Z\varepsilon \tag{22}$$

Bei LENZ und JENSEN ist die linke Seite von (22) immer kleiner als $Z\varepsilon$. Wir bestimmen nun für die LENZ—JENSENsche Potentialfunktion neutraler Atome den Korrektionsfaktor λ aus folgender Gleichung

$$\lambda\int \frac{d\tau}{4\pi}\gamma\chi^{\frac{3}{2}} = Z\varepsilon \tag{23}$$

woraus man $\lambda = 1{,}43$ findet.

Für die LENZ—JENSENsche-Methode kann man also etwa folgende Näherungsgleichung angeben

$$\Delta\chi = \lambda\gamma\chi^{\frac{3}{2}} \tag{24}$$

mit Hilfe derer wir statt der Beziehung (10) folgende Relation erhalten

$$U_F = \lambda^{\frac{2}{3}}\int_{V_i} \frac{d\tau}{4\pi}\chi_i(r_i)\,\Delta\chi_k(r_k) + \lambda^{\frac{2}{3}}\int_{V_k} \frac{d\tau}{4\pi}\chi_k(r_k)\,\Delta\chi_i(r_i). \tag{25}$$

Wenn wir auch in der Identität (11) alle sechs Glieder mit $\lambda^{\frac{2}{3}}$ multiplizieren, so sieht man leicht ein, dass man für die LENZ—JENSENsche-Methode folgende Beziehung erhält

$$K = U_F = \lambda^{\frac{2}{3}} Z_i Z_k \frac{\varepsilon^2}{\delta}\,[I_{ik} + I_{ki} - g_i(\delta) - g_k(\delta)]. \tag{26}$$

Ein Vergleich mit P führt hier zu folgender Beziehung

$$2\lambda^{\frac{2}{3}}P = -K \tag{27}$$

aus welcher man nach Einsetzen des Wertes von λ erhält

$$2{,}54\ P = -\ K. \tag{28}$$

Für die gesamte Wechselwirkungsenergie E erhält man mit Hilfe dieser Beziehung folgende Gleichungen

$$E = -\ 1{,}54\ P \tag{29}$$

$$E = \quad 0{,}606\ K. \tag{30}$$

Die Gleichungen (28), (29) und (30), welche für die LENZ—JENSENsche-Methode gelten, haben wegen des durchschnittlichen Korrektionsfaktors λ einen noch stärkeren Näherungscharakter als die Gleichungen (18), (20) und (21).

Obwohl alle unsere Resultate nur für neutrale Atome gelten, kann man die Gleichungen (28), (29) und (30) auch auf die von LENZ und JENSEN behandelten einfach geladenen Ionen [1] beiden Vorzeichens anwenden. Die Elektronenverteilung einfach geladener Ionen unterscheidet sich nur wenig von der Elektronenverteilung solcher neutraler Atome, deren Ordnungszahl mit der Zahl der Elektronen des Ions identisch ist. Die aus dem Überdecken der Elektronenwolken resultierende Wechselwirkungsenergie zweier Ionen wird dadurch durch die Wechselwirkungsenergie der entsprechenden neutralen Atome gut angenähert, so dass wir unsere Resultate (28), (29) und (30) auch auf die Wechselwirkung der von LENZ und JENSEN angegebenen einfach geladenen Ionen anwenden können.

Da die Wechselwirkungsenergien $Rb^+ - Br^-$ von H. JENSEN [2] und $K^+ - Cl^-$ von TH. NEUGEBAUER und vom Verfasser [3] aus den für Ionen gültigen und zu (2) analogen Formeln mit der LENZ—JENSENschen Verteilungsfunktion numerisch berechnet wurden, können wir unsere Beziehung (28) für diese beiden Fälle prüfen. Die Resultate für $Rb^+ - Br^-$ sind in Tabelle I., für $K^+ - Cl^-$ in Tabelle II. angegeben.

---

[1] W. LENZ und JENSEN, l. c.

[2] H. JENSEN, l. c.

[3] TH. NEUGEBAUER und PAUL GOMBÁS, ZS. f. Phys. 89, 480, 1934.

Tabelle I.

$Rb^+ - Br^-$

δ	4,0 a_H	5,0 a_H	7,0 a_H
P numerisch	−0,193	−0,052	−0,0047
K numerisch	+0,493	+0,124	+0,0127
K aus (28)	+0,490	+0,132	+0,0119

Tabelle II.

$K^+ - Cl^-$

δ	4,0 a_H	5,0 a_H	6,0 a_H	7,0 a_H
P numerisch	−0,116	−0,0348	−0,0134	−0,0050
K numerisch	+0,303	+0,0993	+0,0323	+0,0122
K aus (28)	+0,295	+0,0884	+0,0340	+0,0127

In der ersten Zeile der beiden Tabellen ist die Entfernung der beiden Atome δ in a_H Einheiten angegeben. In der zweiten Zeile stehen die Werte für P, welche aus den LENZ—JENSENschen Energietermen numerisch berechnet wurden. In der dritten Zeile befinden sich die aus den LENZ—JENSENschen Formeln numerisch berechneten Werte von K. In der vierten Zeile stehen die aus der Beziehung (28) ermittelten Werte von K, welche wir aus (28) mit Hilfe der in der zweiten Zeile angegebenen Werte von P errechneten.

Wie ein Vergleich der letzten zwei Zeilen der Tabellen zeigt, stimmt die kinetische Energieänderung, welche man aus (28) erhält sehr gut mit den auf numerische Weise berechneten Energietermen überein. Man sieht also, dass die Relation (28) für Ionen recht gut erfüllt ist. Für neutrale Atome dürfte also die näherungsweise Beziehung (28) noch besser erfüllt sein.

Wir müssen noch einiges über die Relationen (18) und (28) sagen. Von H. HELLMANN wurde mit Hilfe des Virialsatzes eine Relation zwischen der potentiellen und kinetischen Energieänderung hergeleitet,[1] welche mit unserer Gleichung (18) in Wider-

[1] H. HELLMANN, ZS. f. Phys. 85, 180, 1933.

spruch zu stehen scheint. Nach der von HELLMANN hergeleiteten Relation ist nämlich z. B. für neutrale Atome in der Gleichgewichtslage die Änderung der potentiellen Energie mit entgegengesetztem Vorzeichen dem doppeltem der kinetischen Energieänderung gleich. Der Widerspruch dieser Relation mit unseren Relationen (18) ist aber nur ein scheinbarer. Den Ausführungen von HELLMANN liegt die «wahre» Elektronenverteilung der beiden in gegenseitiger Wechselwirkung befindlichen Atome zu Grunde, also jene Elektronenverteilung, welche sich in zwei in gegenseitiger Wechselwirkung befindender Atome unter berücksichtigung aller Kräfte einstellt. Während bei der Herleitung unserer Relationen die Elektronenverteilung der beiden Atome als starr betrachtet wurde, also die Elektronenverteilung des gesamten Systems als einfache Superposition der Elektronenverteilungen der einzelnen Systeme dargestellt wurde. Dies ist der Grund, dass unser Resultat (18) von der von HELLMANN hergeleiteten Relation verschieden ist. HELLMANN betont, dass die von ihm hergeleitete Relation die «wahre» Aufteilung der gesamten Energieänderung in potentielle uud kinetische Energie gibt, und dass die von LENZ und JENSEN hergeleiteten Energieterme dieser Aufteilung aus dem erwähnten Grunde nicht gehorchen können. Der Unterschied zwischen der Relation (18) und der wahren Aufteilung der gesamten Energie in potentielle und kinetische Energie bezeugt, dass die wahre Elektronenverteilung z. B. in einem Molekül durch die einfache Überdeckung der starr angenommenen Elektronenwolken der einzelnen Atome nicht allzu gut approximiert wird. Obgleich die einfache Superposition der atomaren Elektronenwolken die wahre Elektronenverteilung nicht sehr gut approximiert, und obgleich die Relation (18) von der wahren Aufteilung der Gesamtenergie verschieden ist, gibt die auf Grund der einfachen Superposition der Elektronenwolken berechnete Gesamtenergie doch eine recht gute Annäherung an die auf Grund der wahren Elektronenverteilung berechnete Gesamtenergie.

Unsere Relationen (18) und (28) gelten also nur dann, wenn man die Elektronenwolken der Atome oder Ionen als starr annimmt, und haben natürlich, wie aus der Herleitung folgt, nur

eine näherungsweise Gültigkeit. Die Beziehungen (18) und (28) gelten nicht nur für den Gleichgewichtsabstand, sondern haben für alle δ, welche grösser als $4{\cdot}0a_H$ sind, näherungsweise Gültigkeit.

Die Bedeutung der hergeleiteten Relationen dürfte erstens darin liegen, dass diese bei der Voraussetzung einer einfachen Superposition der Elektronenwolken in den Mechanismus der Wechselwirkung atomarer Systeme einen Einblick gestattet. Nach (18) ist z. B. für zwei neutrale Atome der Betrag des Anwachsens der kinetischen Elektronenenergie doppelt so gross als der Betrag der Änderung der potentiellen Energie. Demzufolge ist die gesamte Wechselwirkungsenergie der Hälfte der kinetischen Energieänderung gleich, wie dies in der Relation (21) zum Ausdruck kommt. Da K ständig positiv ist, bedeutet dies, dass E positives Vorzeichen hat, also dass sich zwei neutrale Atome abstossen. Zweitens gestattet die Beziehung (18) oder (28) eine einfachere Auswertung der Gesamtenergie E, denn zur Berechnung dieser Energie genügt nach (20), (21), (29) und (30) entweder P, oder K.

Dem Ungarischen Kultusministerium bin ich für die Gewährung eines Forschungsstipendiums zu grossen Dank verpflichtet. Herrn Professor Dr. R. Ortvay danke ich für die dauernde Unterstützung meiner Arbeit.

Budapest, Institut für theoretische Physik der Universität, Sept. 1936.

(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften vom 12. Oktober 1936.)

METEOROLOGIAI ÉS MÁGNESES TÉNYEZŐK HATÁSA A KOZMIKUS SUGÁRZÁSRA. I.

BARNÓTHY JENŐ- és FORRÓ MAGDOLNÁ-tól.

A meteorológiai tényezők hatását a kozmikus sugárzás erősségére alaposan eddig csak ionizációs kamrával vizsgálták. A legtöbb mérés a barométereffektusra (*BE*) vonatkozik, és az egyes szerzők által nyert értékek — különösen az újabb folytatólagos mérések eredményei, — jól egyeznek egymással. Negatív temperaturaeffektust (*TE*) találtak HESS, GRAZIADEI és STEINMAURER,[1] ill. STEINMAURER[2] úgy a Hafelekaron, mint Innsbruckban, teljes páncéllal végzett méréseikben, ezzel szemben nem találtak *TE*-t oldalpáncélos kamra esetében. CORLIN[3] Svédország északi részében nem észleli a hőmérséklet hatását, MESSERSCHMIDT[4] méréseiből arra következtet, hogy a kísérleti feltételek szerint pozitív, illetve negatív *TE*-t, az atmoszféra változó emanació tartalma (thermikus konvekció) hozza létre. A földmágnesestér változásának hatását a kozmikus sugárzás erősségére, először elméletileg ROSS GUNN[5] veti fel. HESS és ILLING[6] egy félévre terjedő mérési sorozat napi közepei és a földi mágneses tér horizontális intenzitása közt $r = -0{\cdot}28$, illetve, ha az első két hónapot hol még eszközhibák létezhettek, kihagyják, úgy $r = -0{\cdot}57$ korrelációs együttható értéket kapnak.

---

[1] V. F. HESS, H. GRAZIADEI u. R. STEINMAURER: Wiener Ber. 143, 313, 1934. és V. F. HESS: Wiener Ber. 144, 53, 1935.

[2] R. STEINMAURER: Gerl Beitr. zu Geophysik 45, 148, 1933.

[3] A. CORLIN: Ann. of the Obs. Lund Nr. 4.

[4] W. MESSERSCHMIDT: Z. f. Phys. 87, 800, 1934.

[5] Ross GUNN: Phys. Rev. 41, 683, 1932. és 45, 900, 1934.

[6] V. F. HESS a. W. Illing: Nature, 135, 97, 1935.

A KOLHÖRSTER-féle koincidencia-módszerrel a *BE*-t közvetlenül csak STEVENSON és JOHNSON [7] határozták meg. *TE*-t még nem mértek. Mi [8] a sugárzás intenzitásának óraközepei és a földi mágneses tér horizontális intenzitása közt $r = -0{\cdot}73 \pm 0{\cdot}10$ korrelációt kaptunk.

1934 júliustól 1936 áprilisig (összesen kerek 15,000 órán át) Budapesten (tengerszintfeletti magasság 124 m, földrajzi szélesség 47°29'43", hosszúság 19°4'0") különböző koincidencia-készülékekkel folytatólagos méréseket végeztünk. A mérési eredmények feldolgozását mint a barometer, a hőmérséklet és a mágneses horizontális komponens befolyása a sugárzás erősségére szempontjából úgy a napi közepek, mint az óraközepek alapján elvégezzük. A következőkben a napi közepek szerinti feldolgozást tárgyaljuk, az óraközepekre vonatkozó eredmények a közeljövőben fognak megjelenni.

Valamennyi kísérletben BARNÓTHY [9]-féle 2-es koincidencia jelzőkészüléket használtunk, melynek felbontóképessége $2{\cdot}0 \cdot 10^{-5}$ sec. A véletlen koincidenciák száma a használt berendezés méretei, ill. az alkalmazott abszorbens vastagsága szerint 0·2 és 5·0% közt változott, és a számításoknál tekintetbe vettük. A számlálócsövek 80 mm Hg levegővel, ill. 80 mm Hg argonnal, ill. 100 mm Hg argon és 8—12 mm Hg alkohol keverékével voltak töltve TROST [10] nyomán alkalmazott alkoholadagolás jól bevált. A számlálócső érzékenységének állandósítására BARNÓTHY-féle automatikus lökésnagyságszabályozót alkalmaztunk, mely bármiféle feszültség- vagy hőmérsékletváltozás folytán előálló lökésnagyság- és így érzékenységváltozást kb. 140-ed (levegőtöltés esetében), ill. 60-ad (argon + alkoholtöltés esetében) részére lecsökkenti. A $10° \times 40°$ négyzetfok látóterű készülék (lásd 1. táblázat) csövei ezenkívül még folyóviz termosztáttal is körül voltak véve, úgyhogy ezen csövek hőmérséklete egy-egy mérési sorozat alatt csupán kb. $\pm 1°$ C-t változhatott. Kimértük a számlálócsövek beütésszámának változását a

---

[7] E. C. STEVENSON a TH. H. JOHNSON : Phys. Rev. 47, 578, 1935.

[8] J. BARNÓTHY a. M. FORRÓ: Nature, 136, 680, 1935.

[9] A kapcsolás lényegében azonos a Naturwiss. 21, 825. 1933. számban megadottal.

[10] A. TROST: Zeitschr. f. Techn. Phys. 16, 407, 1935.

számolási feszültséggel; levegőtöltés esetében voltonként 1·5%, argonra 0·1% és argon + alkoholra 0·02% normális üzemfeszültség mellett. A lökésnagyság változása levegőre egyenlő, argon + alkoholra 35%-a a számolási feszültség változásának. Egy mérési sorozat alatt nem változtattunk a lökésnagyságszabályozó beállításán. Mérőeszközön leolvashattuk a szabályozó által szolgáltatott ellenfeszültséget; ez egy mérési sorozat alatt a számlálócsövek és a telepfeszültség ingadozása szerint a vízzel hűtött csövek esetében levegőtöltésnél ± 11 Volttal, argon + alkoholtöltésnél ± 3·5 Volttal és argon + alkoholtöltésnél vízhűtés nélkül ± 18 Volttal változott. Ha a számlálócsövek érzékenységváltozását a sugárzással szemben egyenlőnek tételezzük fel a beütésszámnak a feszültséggel való változásával, úgy 2-es koincidencia-készüléknél, szabályozó alkalmazásával az érzékenység összes változása egy sorozat tartama alatt 0·24% levegőtöltésre, 0·034% argon + alkoholtöltésre és 0·007% argon + alkoholtöltésre vízhűtéssel. A készülékek az intézet tornyának tetején épített duplafalu faházban nyertek elhelyezést, melyet külső fehér mázolása védett a közvetlen napsugárzás okozta felmelegedéstől, télen pedig a külső hőmérséklet szerint 1—3 gázkályhával lehetett fűteni.

Az első táblázat tartalmazza a számításokhoz felhasznált mérési sorozatokat és az alkalmazott elrendezések fontosabb adatait.

A 12., 22., 26. és 31. mérési sorozatok nem foglaltatnak a táblázatban, mert ezek részben oly mérésekre vonatkoznak, mely irányokban csak egyes sorozatokat végeztünk, vagy pedig «shower» mérésekre. A számlálócsövek valamennyi sorozatban tengelyeikkel vízszintes irányban álltak. Az I—IV. csoportokban használt számlálócsövek hossza 20 cm, belső átmérője 4·8 cm és tengelytávolságuk 55 cm. Az V. és VI. csoport méréseiben a számlálócsövek hossza 100 cm, belső átmérőjük 4·0 cm és az V. csoportban 114·6 cm a VI. csoportban 7 cm tengelytávolságban voltak megerősítve. Az I. táblázat 4. oszlopában a szöget (ϑ dél felé) adjuk meg a számlálócső-tengelyek síkja és a függőleges közt. Az 5. oszlopban fokokban a látótérnyílás nagyságát, hol az első szám az észak-dél iránybeli, a második a kelet-nyugat iránybeli nyílás nagyságára vonatkozik. Az V. mérési csoportban a berende-

I. Táblázat.

Mérési sorozat	Mérési csoport	Mérés időpontja	ϑ	Látótér	Abszorbens	Koinz. szám	Töltés
1		1934. VII. 27—VIII. 31					
2		IX. 1— IX. 30					
3	I.	X. 1— X. 31	0°	10°×40°	0 cm Pb	112,918	70 levegő
4		XI. 1— XI. 30					
5		XII. 1— XII. 31					
6		1935. I. 1— I. 31					
7		1935. II. 7— III. 5					70 levegő
11		V. 22— VI. 9					
15	II.	IX. 7— X. 8	0°	10°×40°	36 « «	104,412	
18		X. 31— XI. 13					100 A + 12 Alk.
23		XII. 19— XII. 31					
29		1936. II. 17— III. 3					
8		1935. III. 7— III. 22					70 levegő
10		V. 1— V. 21					
16	III.	X. 9— X. 27	50°	10°×40°	36 « «	55,308	
19		XI. 16— XII. 2					100 A + 12 Alk.
25		1936. I. 3— I. 16					
30		III. 3— IV. 1					
9		1935. III. 24— IV. 30					70 levegő
21	IV.	XII. 3— XII. 17	64°	10°×40°	36 « «	28,186	100 A + 12 Alk.
27		1936. I. 18— II. 16					
20	V.	1935. XI. 18— XII. 2	0°	4°×84°	0 « «	299,936	100 A + 8 Alk.
28		1936. II. 1— III. 2		84°×4°			
13		1935. VII. 23—VIII. 6					80 A
17	VI.	X. 26— XI. 17	0°	164°×60°	0 « «	9.054,434	100 A + 8 Alk.
24		XII. 24— I. 4					
32		1936. III. 20— IV. 2					100 A + 12 Alk.
						9.655,194	

zést naponta függőleges tengely körül 90°-kal forgattuk. A VI. mérési csoportban a koincidenciák száma oly nagy (150 percenként), hogy egy impulzusösszegezőt [11] alkalmaztunk, mely a mechanikus számolószerkezetre csak minden 12-ik koincidenciát vitt át.

A barométer, temperatura, ill. mágneses effektus nagyságát minden mérési sorozatra a koincidenciák napi középértékeiből és a barométer, hőmérséklet és földmágneses tér horizontális intenzitásának napi középértékeiből, CORLIN [3] szerinti többszörös korreláció segítségével számítottuk ki. Azokban a sorozatokban, hol hiányoztak a mágneses értékek, harmadrendű korrelációt számítottunk koincidenciaszám, barométer és külső hőmérséklet közt. A VI. mérési csoportnak van a legnagyobb mérési pontossága, ezért e csoportra az abszolút levegőnedvesség hatását is kiszámítottuk. Az egyes mérési sorozatokból adódó *BE*, *TE*, ill. *ME* értékeiből (tehát az egyforma kísérleti berendezésű mérési sorozatokból) az effektus súllyal tekintetbe vett középértékét határoztuk meg. A súlyokat az egyes sorozatok effektusértékeinek közepes relativ hibájának négyzetével fordítva arányosan választottuk.

A barométerállásra és a hőmérsékletre vonatkozó adatokat dr. RÉTHLY ANTAL a Meteorológiai Intézet igazgatójának előzékenysége révén kaptuk meg, melyért e helyen is köszönetünket akarjuk kifejezni.

A Barométer-effektus (BE).

Az egyes mérési csoportokban a *BE*-ra kapott értékek a II. táblázatban vannak összefoglalva.

A II*a*. táblázat oly mérésekre vonatkozik, melyekben a számlálócsövek közt nem volt ólom abszorbens és a látótér középvonala függőlegesen állt. Mint látható, a *BE* növekedő látótérnyílással csökken. Ezt úgyis lehet felfogni, hogy a *BE* értéke ferdébb irányokra kisebb lesz. Ha összehasonlítjuk különböző ferdeségű irányokban kapott *BE* értékeket, úgy tekintetbe kell vennünk, hogy ferde irányban a légnyomásnak 1 mm Hg-val való növekedésének, a légréteg vastagságának 1 mm Hg/cos ϑ-val való vastagodása

[11] J. BARNÓTHY u. M. FORRÓ: Phys. Zeitschr. 37, 208, 1936.

IIa. Táblázat.

Mérési csoport	Látótér	ϑ	BE % pro mm Hg-ben
I.	10°×40°	0°	$-0{,}374 \pm 0{,}059$
V.	4°×84°	0°	$-0{,}370 \pm 0{,}018$
VI.	164°×60°	0°	$-0{,}295 \pm 0{,}035$

IIb. Táblázat.

II.	10°×40°	0°	$-0{,}312 \pm 0{,}039$	36 cm Pb-vel
III.	10°×40°	50°	$-0{,}344 \pm 0{,}077$	
IV.	10°×40°	64°	$-0{,}382 \pm 0{,}063$	

felel meg. Egy ugyanakkora légnyomásváltozás tehát a ferde irányokban a sugárzás erősségének nagyobbmérvű csökkenését idézi elő. Ugyanakkor azonban a ferde irányokban a sugárzás keménysége nagyobb, ami az előző hatás ellen dolgozva, egy kisebb *BE* értéket kívánna. A *BE* értékének változása különböző ferde irányokban tehát a szerint fog alakulni, hogy a sugárzás keményedése jut túlsulyra (mint a nem szűrt sugárzásra a IIa. táblázatban), vagy pedig az $1/\cos\vartheta$ tényező növekedése, mint ami úgy látszik a 36 cm *Pb*-vel megszűrt sugárzás esetében áll fenn a IIb. táblázatban.

Tudtunkkal koincidencia módszerrel a *BE*-t közvetlenül csak STEVENSON és JOHNSON [7] határozták meg. Készülékük látótérnyílása 34°×76°, vagyis valamivel nagyobb, mint a mi I. és V. mérési csoportbeli elrendezésünkéi. A *BE*-ra $-0{\cdot}362 \pm 0{\cdot}044$ értéket nyertek, ami feltűnő jól illeszthető a IIa. táblázatba az V csoport szolgáltatta *BE* érték után.

A *BE*-t és irányfüggését — amennyiben tiszta abszorpciós effektus — a kozmikus sugárzás irányeloszlásából is meg lehet határozni. (Alkalmazva, pl. EHMERT által [12] a Zugspitzen.)

Válasszuk a számítások alapjául KOLHÖRSTER és JÁNOSSY [13] által végzett, ezidőszerint legjobb iránymérés közelítő formuláját (melyhez a hibát mi számítottuk ki) : [14]

[12] A. EHMERT: Phys. Zeitschr. 33, 20, 1934.

[13] W. KOLHÖRSTER u. L. JÁNOSSY: Z. f. Phys. 93, 111, 1935. és L. JÁNOSSY: Z. f. Phys. 99, 369, 1936.

[14] A közelítő képlet hibájának kiszámításakor csak a mért koincidenciák statisztikus hibáját vettük tekintetbe és közönséges hibaszámítást alkalmaztunk az 55. és 56. képletekre. (JÁNOSSY l. c.)

$$R(\vartheta)=20{\cdot}2+432{\cdot}6\cos^2\vartheta+38{\cdot}6\cos^4\vartheta+[3{\cdot}6-32{\cdot}6\cos^2\vartheta+36{\cdot}2\cos^4\vartheta]$$

végtelen kis látóterű készülék esetére a BE-t a következő képlet útján számíthatjuk ki:

$$BE(\vartheta)=\frac{100}{R(\vartheta)\cos\vartheta}\,\frac{\frac{dR(\vartheta)}{d\vartheta}}{\frac{d[B(\cos\vartheta)]}{d\vartheta}}$$

A III. táblázatban találhatók az így kiszámított BE értékek ($B = 750$ mm Hg-ra).

III. Táblázat.

ϑ	BE % pro mm Hg
0	$-0{,}277 \pm 0{,}018$
10	$-0{,}276$
20	$-0{,}273$
30	$-0{,}268$
40	$-0{,}260$
50	$-0{,}249$
60	$-0{,}230$

Látható, hogy az irányelosztásból is következik a BE-nak, habár meglehetősen lassú csökkenése ferdébb irányokra és így nagyobb látóterű készülékekre. (Lásd II*a*. táblázat.)

Az általunk és STEVENSON és JOHNSON által közvetlenül mért és másrészt KOLHÖRSTER és JÁNOSSY iránymeréséből számított BE abszolút értékei közt a függőlegessel kis szögeket bezáró irányokra kb. 34% különbség mutatkozik, mely nagyobb mint hibájának háromszorosa.

A közvetlenül mért BE érték megbízhatósága mellett szól, hogy kis látóterű készülékek esetében ugy mi két különböző készülékkel, mint STEVENSON és JOHNSON-nal is feltűnően egyező értékeket kaptunk. Másrészt KOLHÖRSTER és JÁNOSSY közelítő képlete jól állítja elő BERNARDINI[15] iránymeréseit is. Az a véleményünk, hogy a fenti eltérés reális és így a BE *lényegesen eltér egy tiszta abszorpciós effektustól.*

[15] G. BERNARDINI: Nature, 129, 578, 1932.

Ezen felfogás mellett szólnak a II., III. és IV. mérési csoportok eredményei is (II*b*. táblázat). Az ezekben alkalmazott elrendezés kicsiny látótere mellett, a sugárzás szűrése a légréteg által egyenletesnek tekinthető. A IV. táblázatban a tömegabszorpciós együtthatók a *BE* értékekből a

$$\mu = \frac{BE \cos \vartheta}{10 \rho_{Hg}}$$

képlettel vannak kiszámítva, ezenkívül pedig a hőmérsékletre és barométerre korrigált abszolút intenzitásokból (koincidenciák száma óránként, cm²-ként és négyzetfokonként) a

$$\mu = \frac{1}{d_2 - d_1} \log \left(\frac{J_1}{J_2} \right)$$

képlettel számított tömegabszorpciós együtthatók találhatók.

IV. Táblázat.

Mérési csoport	ϑ	Abszorbens (d) gr/cm²-ben	Absz. intenzitás J	Abszorp. koeff. cm²/gr-ban BE-ből	Abszorp.-ból
II.	0°	1426	$7{,}20 \cdot 10^{-3}$	0,0023	0,0013
III.	50°	1991	$3{,}37 \cdot 10^{-3}$	0,0016	
IV.	64°	2728	$2{,}04 \cdot 10^{-3}$	0,0012	0,0007

Mint látható, a közvetlenül mért abszorpciós együttható minden esetben kisebb, mint a nagyobb abszorbens vastagságnak megfelelő *BE* értékből számított. A *BE* tehát itt is lényegesen nagyobb, mint amennyi az abszorpciónak megfelelne.

Több kutató gondolt már arra, hogy vajjon az ionizációs kamrákkal végzett mérésekben kapott *BE* tiszta abszorpciós effektus-e. (Utalunk Kolhörster: Ergebnisse der kosmischen Physik című összefoglaló munkájára és Hess l. c.) Miután feltételezhető, hogy a barométerállás változásakor úgy az abszorbeáló réteg összetétele nem változik lényegesen, mint a relatív tömegváltozások is kicsinyek, annak végleges eldöntésére, hogy a *BE* lényegében tiszta abszorpciós effektus-e, csak olyan összehasonlító méréseket vehetünk tekintetbe, melyekben az abszorbeáló levegő réteg összetétele nem változik és a relatív tömeg-

változások nagyságrendileg olyanok, mint a barométeringadozásoknál mutatkozók. Ezen követelményeknek a merőlegessel kis szögeket bezáró irányokban, kis látóterű készülékekkel végzett mérések felelnek meg. Ionizációs kamrával ilyen mérések nehezen, vagy egyáltalában nem vihetők keresztül; tervünk, koincidencia módszerrel a közeljövőben megkísérelni.

Hogy vajjon a *BE* mutat-e időszaki változást, kioncidenciamódszer esetében is, mint amilyen változást az innsbrucki kutatók ionizációs kamrával észleltek, az az eddigi anyagból még nem volt eldönthető.

Temperatura effektus (TE.).

Az V. táblázat a *TE* megfelelő értékeit tartalmazza.

V. Táblázat.

Mérési csoport	TE % pro fok C.
I.	$-0{,}427 \pm 0{,}101$
V.	$-0.278 \pm 0{,}011$
VI.	$-0{,}425 \pm 0{,}055$
II.	$+0{,}009 \pm 0{,}269$
III.	$-0{,}622 \pm 0{,}043$
IV.	$-0{,}326 \pm 0{,}294$

Míg az egyes mérési sorozatok *BE* értékei csak kevéssé szórnak, addig a szórás a *TE*-re meglehetősen nagy; a $10° \times 40°$ látótérnyílású elrendezésben, hol meglehetősen kicsik a számlálócsőméretek is, és így kicsi a statisztikus pontosság, találunk oly sorozatokat is, melyeknek *TE*-je pozitív. A súllyal ellátott középértékek átnézése azonban véleményünk szerint feltétlenül arra az eredményre vezet, hogy *létezik negatív TE*. Úgy látszik, hogy a *TE* nagyságrendje ferde irányokra sem változik. Ha az I., V. és VI. mérési csoportokban nyert *TE* értékek középértékét képezzük (számtani közép), — e sorozatoknak legnagyobb a mérési pontosságuk és valamennyien ólomabszorbensnélküli mérésekre vonatkoznak — úgy koincidenciaberendezésre a *TE* legvalószínűbb értékéül:

$$TE = -0{\cdot}38 \pm 0{\cdot}05 \quad \% \text{ pro fok C.-t}$$

nyerünk.

HESS, GRAZIADEI és STEINMAURER[1] mérései szerint ionizációs kamrák esetében a negatív *TE* nagysága: —0·091% pro fok C, vagyis lényegesen kisebb, mint koincidencia-berendezésre.

Koincidencia-berendezések esetében, miután ezek teljesen érzéketlenek radioaktív sugarakkal szemben,[16] nem lehetséges, hogy a negatív *TE*-t hőmérsékletkülönbségek okozta légáramokkal magukkal ragadott radioaktív anyagok hozzák létre.

A többszörös korreláció számítás alkalmazása kizárja, hogy a *TE*-t az egyes meteorológiai tényezők egymástól való függése hozza létre, mint az egyszeres korreláció számítás esetében, vagy nem elégséges korrekciók alkalmazásakor előfordulhat.[3] Azon ellenvetéssel szemben, hogy az általunk talált *TE*-t a kísérleti helyiség hőmérsékletének változása hozta létre, felemlíthetjük, hogy egyrészt mint már előbb említettük, valamennyi elrendezésben lökésnagyság-szabályozót alkalmaztunk, mely a számlálócsövek érzékenységének legnagyobb mérvű állandóságáról gondoskodott. Másrészt, hogy a *TE* nagysága vízhűtéses berendezésekben (I., II., III. és IV.) és a nélküliekben (V. és VI.) közepesen ugyanazt az értéket mutatja, jóllehet a vízthermosztáton belül a hőmérséklet kb. ötödrésznyit ingadozott, mint magában a mérőhelyiségben, továbbá a külső hőmérséklet változását csak nagy késéssel követte, olyannyira, hogy olykor ellentétesen is változtak.

Megvizsgáltuk, hogy vajjon nem érhető-e el még jobb korreláció, ha a talajmenti hőmérséklet értékek helyett nagyobb magasságokban meghatározott értékeket használunk. E célból a 13. mérési sorozat 8^h-ra vonatkozó értékei és a mátyásföldi légiállomás által mért hőmérsékletek közt számítottunk korrelációt. (VI. táblázat.) A légiállomás meteorológiai adatait naponta 8^h-kor határozza meg, éspedig a talajmenti értéket és 1000, 2000, 3000 és 4000 m magasságban észlelt értékeket. Sajnos azonban, a magasságmegállapítások naponta nem mindig egyenlőek és így a kívánt adatokat gyakran lineáris interpolációval kellett előállítani, ami némi bizonytalanságot idéz elő, főleg anomális hőmérsékletváltozás esetében.

---

[16] W. BOTHE u. W. KOLHÖRSTER: Z. f. Phys. 56, 751, 1929.

VI. Táblázat.

Tenger-fölötti magasság	147	1000	2000	3000	4000
r	—0,73	—0,39	—0,71	—0,48	—0,31
TE	—0,81	—0,31	—0,62	—0 36	—0,46

Valamennyi *TE* érték negatív, de a korreláció (*r*) a talajmenti értékhez viszonyítva inkább romlik.

A *TE* magyarázatakor — eltekintve ismeretlen átmeneti effektusoktól és a szórt sugárzás változásától változó levegőrétegeződés által — gondolhatunk arra is, hogy talán a levegő nedvessége idézi elő, miután a légréteg vízgőztartalmának ingadozása nagymértékben párhuzamosan halad a hőmérsékletváltozással és víz tömegabszorpciós együtthatója (Bethe [17] szerint) közepesen 11·1%-kal nagyobb, mint a levegőé. Egyenlő légnyomás mellett tehát várható volna a sugárzás erősségének csökkenése, ha az atmoszféra víztartalma növekszik. Hann [18] szerint egy 1 cm² keresztmetszetű levegőoszlopban a vízgőz mennyisége 0·23 E_0 (hol E_0 a talajmentén észlelt gőznyomás mm Hg-ben). A várható nedvességi effektus (*NE*) nagysága $BE = -0{\cdot}370$-ből kereken

$$NE = -0{\cdot}1\%\ \text{pro mm Hg gőznyomásváltozás}$$

adódnék. Másrészt kiszámíthatjuk a VI. mérési csoportból többszörös korrelációval koincidenciaszám, barométer és gőznyomás közt a nedvesség effektust, ez esetben

$$NE = -0{\cdot}96 \pm 0{\cdot}10\%\ \text{pro mm Hg}$$

kapunk.

A számított és a mért érték különbsége oly nagy (egy nagyságrend), hogy nem magyarázható a Hann-féle közelítő képlet esetleges pontatlanságával. A *NE*-nak és így a *TE*-nak ily egyszerű, tiszta abszorpción alapuló magyarázata tehát nem lehetséges.

Negyedrendű korralációt számítva sugárzás erőssége, barométer, hőmérséklet és gőznyomás közt a VI. mérési csoportra:

$$BE = -0{\cdot}252 \pm 0{\cdot}030 \quad TE = -0{\cdot}27 \pm 0{\cdot}06 \quad NE = -0{\cdot}47 \pm 0{\cdot}22$$

[17] H. Bethe: HDB. Geiger—Scheel. Bd. XXIV, Teil 1. S. 519, 1933.
[18] J. Hann: Meteorol. Z. S. 228, 1884. és 194, 1894.

a nedvességeffektus meglehetősen nagy hibája inkább arra utal, hogy a *TE* és *NE* közül a *TE* az inkább reális.

Mágneses effektus (ME).

Sajnos, a sugárzás erőssége és a földmágneses tér horizontális intenzitása közti összefüggést csak néhány mérési sorozaton vizsgálhattuk meg. Az ógyallai mágneses obszervatóriumot a trianoni szerződés Csehszlovákiához csatolta és így ezidőszerint Magyarországon nem működik mágneses obszervatórium. Dr. W. SCHMIDT professzor úr, a Wieni Meteorológiai és Geodinamikai Intézet igazgatójának lekötelező szívessége folytán megkaptuk az 1., 2., 3., 4., 5., 13., 17., 18., 19., 20., 23. és 24. mérési sorozatokra a *H*-értékeket, miért ezúton is hálánkat kívánjuk kifejezni. Remélhetőleg később a többi időre vonatkozó adatokat is megkapjuk.

A VII. táblázat a *ME* értékeit tartalmazza.

VII. Táblázat.

Mérési csoport	Látótérnyílás	ME. % pro 10^{-5} Gauss.
I.	10°×40°	$-0{,}310 \pm 0{,}040$
V.	4°×84°	$-0{,}150 \pm 0{,}090$
	84°× 4°	$-0{,}100 \pm 0{,}120$
VI.	164°×60°	$+0{,}020 \pm 0.004$
II.	10°×40°	$-0{,}036 \pm 0{,}045$ 36 cm Pb-vel

Úgy véljük, hogy a VII. táblázat egy negatív mágneses effektus létezése mellett szól. Nagysága láthatólag függ a látótér nyílásától, oly értelemben, hogy az effektus nagyobb, ha a látótérnyílás kisebb, ami megfelel LEMAITRE-VALLARTA elmélete alapján várható változásnak. Folyamatban vannak kísérletek, melyeknek célja megállapítani a mágneses meridiánra merőleges látótérnyílás befolyását a *ME* nagyságára.

Összefoglalás.

1. Kis és közepes látótérnyílású koincidencia-berendezésekre a barométereffektus nagysága —0·374% és —0·362% pro mm Hg közt van.

2. A barométereffektus növekvő látótérnyílással csökken.

3. A közvetlenül mért barométereffektus kb. 34%-kal nagyobb, mint KOLHÖRSTER és JÁNOSSY irányméréseiből számított, ami a mellett szól, hogy a barométereffektus lényegesen eltér egy tiszta abszorpciós effektustól.

4. Koincidencia-berendezésekre bebizonyosodott egy negatív temperaturaeffektus létezése. Legvalószínűbb nagysága:

$$-0{\cdot}38 \pm 0{\cdot}05\% \text{ pro fok C.}$$

5. A temperaturaeffektust nem lehet egyszerű módon a hőmérséklettel párhuzamosan változó levegőnedvességváltozással magyarázni, mert a mért nedvességi effektus egy nagyságrenddel nagyobb, mint amekkorát egyszerű abszorpció alapján várni lehetne.

6. Koincidenciaberendezésekre úgy látszik, létezik negatív mágneses effektus, nagysága: —0·1 és 0·3% pro 10^{-5} GAUSS közt van.

Őszinte hálánkat kívánjuk kifejezni dr. TANGL KÁROLY professzor úrnak, a Kísérleti Fizikai Intézet vezetőjének, buzdító érdeklődéséért a munka haladását illetően, a Természettudományi Tanácsnak és a Széchenyi Tudományos Társaságnak az anyagi támogatásért, dr. PATAI IMRE, a Vatea elektroncsőgyár igazgatójának számos elektroncső átengedéséért és különleges csövek elkészítéséért, BÉLL BÉLA doktoráns és dr. BERKES ZOLTÁN uraknak a meteorológiai adatok beszerzésében való segítségért, KURTHA GÉZA intézeti műszerésznek a szükséges készülékek gondos elkészítéséért.

Budapest, 1936 április 13.

Pázmány Péter Tudományegyetem Kísérleti Fizikai Intézte.

(A M. T. Akadémia III. osztályának 1936. május 11-én tartott üléséből.)

METEOROLOGISCH-MAGNETISCHE EINFLÜSSE AUF DIE ULTRASTRAHLUNGSINTENSITÄT.

Von J. BARNÓTHY und M. FORRÓ.

Es wird über Dauerregistrierungen der Ultrastrahlungsintensität berichtet, welche mit verschiedenen Koinzidenzanordnungen vorgenommen wurden. Im ganzen wurden 9·6 Millionen Koinzidenzen in 15,000 Stunden registiriert. In den verschiedenen Versuchen wurde sowohl die Gesichtsfeldöffnung der Apparatur verändert (von 400 bis auf 9840 Quadratgrade), wie auch bei verschiedener Filterung der Strahlung, ungefiltert und mit 36 cm Pb zwischen den Röhren, sodann auch bei verschiedener Dicke der Absorbierenden Luftschicht durch Drehung der Gesichtsfeldmittellinie vom vertikalen 0°, 50° und 64° nach Süden gemessen. Die Ergebnisse der verschiedenen Anordnungen werden in Messgruppen geordnet und für jede Messgruppe der Mittelwert des Barometereffektes (*BE*), des Temperatureffektes (*TE*) und des magnetischen Effektes (*ME*) durch Mehrfachkorrelationsrechnung bestimmt. Die Auswertung des registrierten Materials ist in dieser Arbeit jeweils nach Tagesmittelwerten vorgenommen. In einzelnen Fällen wird versuchsweise auch der Feuchtigkeitseffekt (*NE*) berechnet, sowie der *TE*, wenn man anstatt den Bodentemperaturwerten diejenige von grösseren Höhen über den Boden (1000—4000 m über See) zu den Berechnungen heranzieht.

Die Grösse des *BE*-s wird für Koinzidenzanordnungen kleiner und mittlerer Gesichtsfeldöffnung zu —0·374% bis —0·362% pro mm Hg Luftdruckänderung bestimmt, bei 47°30′ geographische Breite und 120 m Höhe über See. Bei Vergrösserung der Gesichtsfeldöffnung wird der *BE* kleiner. Den *BE* kann man — falls er ein reiner Absorptionseffekt ist — auch aus der Richtungverteilungmessungen der Ultrastrahlung berechnen. Zu diesem Zwecke wurde der *BE* aus der Näherungsformel für die Richtungsverteilung von KOLHÖRSTER und JÁNOSSY bestimmt; der so berechneter Wert ist um 34% kleiner als wie der direkt gemessene. Der Unterschied

übersteigt seine dreifache Fehlergrenze, was dafür spricht, dass der *BE* wesentlich von einem reinen Absorptionseffekt abweicht. Diese Feststellung wird auch durch die Messungen bei verschiedenen Neigungswinkeln mit dem Vertikalen bestärkt, denn die aus den *BE*-Werten der verschiedenen Richtungen berechneten Massenabsorptionskoeffizienten sind jeweils grösser als die Massenabsorptionskoeffizienten, welche man nach dem Exponentialgesetz aus den absoluten Intensitäten der betreffenden Richtungen berechnen kann.

Sämtliche Messgruppen (bis auf eine einzige mit grossem relativen Fehler) ergeben einen negativen *TE*, so dass aus den Ergebnissen die Existenz eines negativen *TE*-s gesichert scheint. Ihre wahrscheinlichste Grösse beträgt für Koinzidenzanordnungen $-0{\cdot}38 \pm 0{\cdot}05\%$ pro Grad C. Die Streuung der einzelnen Werte ist jedoch grösser als wie beim *BE*. Anscheinend ändert sich die Grösse des *TE* nicht wesentlich, wenn man die Gesichtsfeldöffnung vergrössert. Die Korrelation zwischen Temperaturänderung und Intensitätsänderung wird eher schlechter, wenn man anstatt den Bodentemperaturwerten diejenige von grösseren Höhen den Berechnungen zu Grunde legt. Benützt man bei der Mehrfachkorrelationsrechnung statt den Temperaturwerten diejenige der absoluten Luftfeuchtigkeit (Temperaturänderungen verlaufen in der Regel parallel der Dampfdruckänderung der Athmosphäre), so ergibt sich ein negativer *NE* von der Grösse $-0{\cdot}96\%$ pro mm Hg Dampfdruckänderung. Andererseits, wenn man den *NE* aus dem *BE* mit Berücksichtigung der Massenabsorptionskoeffizientenunterschiede zwischen Luft und Wasser für den Wassergehaltsänderung der Atmosphäre von 1 mm Hg berechnet, so erhält man *NE* $= -0{\cdot}1\%$ pro mm Hg. Der grosse Unterschied dieser beiden Werten schliesst die Möglichkeit aus, dass man den *NE* und somit den *TE* auf Grund einfacher Absorption erklären kann.

Ein magnetischer Effekt scheint bei Koinzidenzapparaten von der Grösse $-0{\cdot}1$ bis $-0{\cdot}3\%$ pro 10^{-5} Gauss vorzuliegen und wird mit Verkleinerung des Öffnungswinkels senkrecht zum magnetischen Meridian grösser.

(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften vom 11. Mai 1936.)

TÖBBMÉRETŰ TÉRBEN FEKVŐ TÖBBMENETŰ GÖRBÉKRŐL.

SZŐKEFALVI NAGY GYULA l. tagtól

1. Bevezetés.

R_q a következőkben — miként szokásos — q-méretű projektív t eret fog jelenteni. Ennek a térnek $(q-1)$-méretű projektív tereit hipersíkoknak nevezzük.

Az R_q térben fekvő egymenetű görbén olyan folytonos és körre folytonosan leképezhető ponthalmazt értünk, amely nem fekszik az R_q térnek egy hipersíkjában sem. Egy $G^{(q)}$ görbén az R_q térben fekvő, egy vagy több menetből álló görbét értünk. A görbe menetei az R_q térben fekvő egymenetű görbék.

Egy $G^{(q)}$ görbe akkor n-edrendű, ha az R_q tér hipersíkjaival való közös pontjainak maximális száma — a közös pontokat a megfelelő sokszorossággal számítva — n. Az ilyen görbét $G_n^{(q)}$-val fogjuk jelölni. Az értelmezésből következik, hogy egy $G_n^{(q)}$ görbének egyetlen ívdarabja sem feküdhetik teljesen egy hipersíkban. Az ellenkező esetben ugyanis nem volna a görbe véges rendszámú, mivel az illető hipersíkban végtelen sok pontja volna.

Egy $G_n^{(q)}$ görbe indexe azoknak a pontoknak minimális száma, amelyekben a görbét az R_q tér egy hipersíkja találhatja.

Ismeretes és könnyen belátható, hogy a $G_2^{(2)}$ görbék, vagyis a másodrendű síkgörbék csak egy menetből állhatnak és kettőspontot nem tartalmazhatnak. A $G_3^{(2)}$ görbéknek, vagyis a harmadrendű síkgörbéknek legfeljebb két menetük lehet, ha azonban van kettőspontjuk, akkor más kivételes (szinguláris) pontjuk az egy kettősponton kívül nem lehet és a görbe csak egy menetből állhat.

A $G_2^{(2)}$ és $G_3^{(2)}$ görbékkel ellentétben a $G_4^{(2)}$ görbéknek, vagyis

a negyedrendű síkgörbéknek akármilyen sok menetük vagy kettőspontjuk lehet.

Vegyünk fel ugyanis a síkon olyan n pontot, amelyek közül kettőnél több nem esik egy egyenesre. Az egyes pontokat körül lehet venni a síkban egy-egy elég kicsiny oválissal úgy, hogy az így kapott n ovális közül kettőnél többet ne találhasson a síknak egy egyenese sem. Az így fölvett n ovális tehát negyedrendű síkgörbét alkot. Ha pedig egy $2n$-oldalú szabályos konvex sokszög páros, illetve páratlan szögpontjaival meghatározott n-oldalú szabályos konvex sokszöget egy hozzá eléggé simuló oválissal helyettesítünk, akkor az így kapott két ovális $2n$ kettősponttal biró $G_4^{(2)}$ görbét alkot.

Az előbb kapott $G_4^{(2)}$ görbe kettőspontjait az egyik oválison való sorrendjükben A_1, A_2,..., A_{2n}-nel jelöljük. Nyilvánvaló, hogy a másik oválison is ez az egyik sorrendje a kettőspontoknak. A $G_4^{(2)}$ görbe két oválisa a síkon $2n+2$ tartományt határol. Ezek közül T_0-lal jelöljük azt a tartományt, amely mindkét oválison belül van, T_∞-nel jelöljük a síknak azt a végtelen tartományát, amely mindkét oválison kívül fekszik. Azokat a tartományokat, amelyek az egyik oválison belül, a másikon kívül fekszenek, T_1, T_2,..., T_{2n} tartományoknak nevezzük. Egy ilyen T_i tartománynak a többiek közül kettővel van egy-egy közös határpontja. Ezek a közös határpontok az A_1, A_2,..., A_{2n} kettőspontok közül valamelyikkel összeesnek. A T_1, T_2,..., T_{2n} tartományok jelölését meg lehet úgy választani, hogy az A_i kettőspont a T_i és a T_{i+1} tartományoknak legyen a közös határpontja ($i=1, 2...., 2n$; $T_{2n+1} \equiv T_1$). Ha az A_i kettőspontot úgy vágjuk át, hogy azáltal a T_0 és T_∞ tartományokat az A_i ponton át egyesítjük, és ha az A_i helyén így kapott két szögpontot alkalmasan kissé lekerekítjük, akkor egy menetből álló és $2n-1$ kettősponttal biró negyedrendű síkgörbét kapunk. Ha az előbbi eljárást a most kapott görbének még $m-1$ kettőspontjára alkalmazzuk, akkor olyan negyedrendű síkgörbét kapunk, amelynek m menete és $2n-m$ kettőspontja van.

Ennek a görbének egy A_j kettőspontját oly módon is megszüntethetjük, hogy rajta keresztül a T_j és T_{j+1} tartományokat egyesítjük s azután az A_j helyén kapott két szögpontot alkalma-

san lekerekítjük. Ennek az eljárásnak h-szoros alkalmazásával az m menettel és $2n-m$ kettősponttal bíró $G_4^{(2)}$ görbéből ugyanennyi menetből álló és $k=2n-m-h$ kettősponttal bíró $G_4^{(2}$ görbét kapunk.

Ennek alapján kimondható a következő tétel:

Bármely pozitív m és nem negatív k egész számhoz van olyan negyedrendű síkgörbe, amely m menetből áll és k kettőspontal bír.

Könnyen belátható, hogy *a* $G_3^{(3)}$, $G_4^{(3)}$, *illetőleg* $G_5^{(3)}$ *görbék meneteinek és kettőspontjainak együttes száma nem haladhatja meg az* 1, 2, *illetőleg* 3 *számot.*

Ha egy $G_3^{(3)}$ görbének egynél több menete volna, akkor azok közül egy volna páratlan, a többi pedig páros. A páratlan menetnek két, egy párosnak pedig egy pontján átmenő sík ekkor legalább öt pontban metszené a görbét, ami pedig lehetetlen. A kettősponttal bíró $G_3^{(3)}$ görbét is legalább öt pontban találná a kettőspontján és két más pontján áthaladó sík.

Egy $G_4^{(3)}$ görbének nyilvánkép két páratlan menete van, vagy egy sincs. Ha még egy harmadik menete is volna, akkor az első esetben a páros harmadik menetnek három pontján, a második esetben pedig három páros menetnek egy-egy pontján áthaladó sík legalább hat pontban találná a görbét. Ha pedig két menete és egy kettőspontja volna egy $G_4^{(3)}$ görbének, akkor a kettőspontón és a görbe két más pontján át lehetne a görbét legalább hat pontban metsző síkot vezetni. Ilyen két pont volna a két menetnek egy-egy pontja, illetőleg egy menetnek két pontja a szerint, amint a kettőspontban egy páros menet önmagát vagy két páratlan menet egymást, illetőleg egy páratlan menet önmagát metszené. A két kettősponttal bíró $G_4^{(3)}$ görbét kettőspontjain és egy harmadik pontján áthaladó sík metszené legalább hat pontban. Mindezek az esetek lehetetlenek.

Egy $G_5^{(3)}$ görbének mindig van egy páratlan M menete. Ha más menete nincs, akkor M-en legfeljebb két kettőspont lehet. Egy $G_5^{(3)}$ görbe három kettőspontján átmenő sík ugyanis legalább 7 pontban metszené a görbét. Ha a $G_5^{(3)}$ görbének M-en kívül is van görberésze, akkor az egy $G_4^{(3)}$ görbe. Ha ez a $G_4^{(3)}$ görbe két páros, két páratlan (kettőspontnélküli) vagy egy kettős-

ponttal bíró menetből áll, akkor M sem önmagát, sem pedig a $G_4^{(3)}$ görbét nem metszheti. Az M menet egy kettőspontján és a két páros menetből álló $G_4^{(3)}$ görbe meneteinek egy-egy pontján, vagy a két páratlan menetből álló $G_4^{(3)}$ görbe egyik menetének két pontján, vagy a kettősponttal bíró $G_4^{(3)}$ görbe kettőspontján és egy más pontján áthaladó sík a $G_5^{(3)}$ görbét legalább 7 pontban találná. Ha pedig M a két páros vagy páratlan menetből, illetőleg egy Q kettősponttal bíró menetből álló $G_4^{(3)}$ görbét egy P pontban metszené, akkor P-n, az M menetnek egy másik pontján és az M-től nem metszett páros vagy metszett páratlan menetnek egy pontján, illetőleg a Q ponton átmenő sík a $G_5^{(3)}$ görbét legalább 7 pontban metszené.

Ezzel a kimondott tétel teljesen igazolva van. Ezzel a tétellel ellentétben *a $G_6^{(3)}$ görbék meneteinek száma akármekkora lehet.*

Egy gömbön nyilvánkép fölvehetünk n darab olyan elég kicsiny kört, amelyek közül egy síkkal legfeljebb háromnak van közös pontja. A körök síkjait leszámítva bármely síknak az n körrel együttvéve tehát legfeljebb hat közös pontja van. Az n kör síkja közül egyik sem tartalmazza a többi $n-1$ kör közül egyiknek sem pontját. Az n kör tetszőleges szomszédságában nyilvánkép föl lehet venni egy-egy olyan negyedrendű térgörbét, hogy ezek közül akármelyiket négy pontban metsző síkok közül egyiknek se legyen közös pontja a többi $n-1$ negyedrendű görbe egyikével sem. Az ilyen n negyedrendű görbe tehát n menetből álló $G_6^{(3)}$ görbét alkot.

Ezekből következik, hogy az $n \geqq 2q$ esetben általánosan nem várható, hogy a $G_n^{(q)}$ görbék meneteinek és kettőspontjainak száma korlátos legyen. Áll azonban a következő főtétel:

A q-méretű R_q térben fekvő n-edrendű görbék meneteinek és kettőspontjainak együttes száma legfeljebb $n+1-q$ lehet, föltéve, hogy $n<2q$.

Ebben a tételben a csúcspontok is kettőspontoknak számíthatók.

Ha a $G_n^{(q)}$ görbe indexe egynél nagyobb, akkor meneteinek számára nemcsak az $n < 2q$ esetben lehet felső korlátot adni, hanem bizonyos más esetekben is.

2. A főtétel bizonyítása.

Az előbb kimondott főtétel bizonyítása végett tegyük föl, hogy a tétel nem igaz, vagyis hogy van olyan $G_n^{(q)}$ görbe, amelynek k számú kettőspontja és legalább $m \geqq n+2-q-k$ menete van és amelyre vonatkozólag $n<2q$.

Az $n < 2q$ föltevésből következik, hogy $k < q$. Ha ugyanis $k \geqq q$ volna, akkor a $G_n^{(q)}$ görbe q számú kettőspontján átmenő hipersík a görbét legalább $2q$ pontban találná, ami pedig lehetetlen, mivel $2q$ nagyobb, mint a görbe n rendszáma. A $G_n^{(q)}$ görbe k számú kettőspontján és $q-k$ közönséges pontján át tehát mindig lehet hipersíkot vezetni.

A $G_n^{(q)}$ görbe meneteit két csoportba osztjuk. Az első csoportba foglaljuk azokat a páros meneteket, amelyekre vonatkozólag a k számú kettőspont együttes sokszorossága páratlan, és egyszersmind azokat a páratlan meneteket, amelyekre vonatkozólag a kettőspontok együttes sokszorossága páros. A második csoportba foglaljuk a $G_n^{(q)}$ görbe többi menetét. Ha m_1, illetőleg m_2 jelöli az első, illetőleg második csoportba foglalt menetek számát, akkor $m = m_1 + m_2$.

Mivel egy hipersík egy páros, illetőleg páratlan menetet páros, illetőleg páratlan számú pontban metsz, azért a k számú kettősponton áthaladó bármely σ hipersíknak a kettőspontokon kívül van legalább egy (mindenesetre páratlan számú) közös pontja a $G_n^{(q)}$ görbének bármely olyan menetével, amely az első csoportba tartozik. Egy ilyen σ hipersíknak a második csoportba tartozó bármely menettel a kettőspontokba eső metszéspontokon kívül még páros számú közös pontja van. Ha tehát egy σ hipersíkot a második csoport egy menetének egy közönséges pontján átvezetünk, akkor ezzel a menettel a hipersíknak van legalább még egy olyan közös pontja, amely a kettőspontoktól általában különbözik.

A k kettősponton áthaladó σ hipersíkot a $G_n^{(q)}$ görbe $q-k$ közönséges pontján keresztülvezetjük. Ezt a $q-k$ pontot a második csoportba tartozó meneteken a következőkép helyezzük el:

Ha $m_2 \geqq q-k$, akkor a második csoport $q-k$ menetén egy-egy pontot veszünk föl. Ha pedig $m_2 < q-k$, akkor a második

csoportnak az egyik menetén $q-k-m+1$ pontot, a többi m_2-1 menetén pedig egy-egy pontot helyezünk el.

Az így megválasztott $q-k$ ponton átmenő σ hipersík mind a két esetben rendszámánál nagyobb számú pontban találja a $G_n^{(q)}$ görbét. A σ hipersík és a $G_n^{(q)}$ görbe közös pontjainak száma az előbbiek szerint az $m_2 \geqq q-k$ esetben ugyanis legalább

$$2k + m_1 + 2(q-k) = 2q + m_1 > n + m_1 \geqq n,$$

az $m_2 < q-k$ esetben pedig legalább

$$2k + m_1 + (q-k-m_2+1) + 2(m_2-1) = (m_1+m_2) + q + k - 1 = \\ = m+q+k-1 \geqq n+1.$$

Egy hipersík sem találhatja azonban $G_n^{(q)}$ görbét rendszámánál több pontban. Ebből az ellentmondásból következik a kimondott tétel igazsága.

3. Következmények.

Az előbb kimutatott tételből közvetlenül következik az alábbi két tétel:

Egy $G_n^{(q)}$ $(n < 2q)$ görbének sincs több, mint $n-q$ kettőspontja. Csak egy menetből álló $G_n^{(q)}$ $(n<2q)$ görbének lehet $n-q$ kettőspontja.

Egy $G_n^{(q)}$ $(n<2q)$ görbének legfeljebb $n+1-q$ menete lehet. A menetek száma ezt a maximumot csak kivételes (szinguláris) pont nélküli görbéken érheti el.

Könnyen igazolható a következő tétel is:

Ha egy $G_n^{(q)}$ görbére vonatkozólag $n < 2(q-1)$, akkor a görbe meneteinek m száma, kettőspontjainak k száma és az R_q tér egy általános (a görbén kívül fekvő) *P pontjára vonatkozó látszólagos kettőspontok h száma között az $m+k+h \leqq n+2-q$ egyenlőtlenség áll fönn.*

A tétel bebizonyítása végett a P ponton átmenő egyenesekkel a $G_n^{(q)}$ görbét egy olyan hipersíkra vetítjük, amely P-n nem nem megy át. A vetület egy m menetből álló és $k' = k + h$ kettősponttal bíró olyan $G_n^{(q-1)}$ görbe, amelyre érvényes a főtétel, mivel $n < 2(q-1)$. Ebből következik tehát, hogy

$$m + k' = m + k + h \leqq n + 1 - (q-1) = n + 2 - q.$$

Ezzel a kimondott tétel be van bizonyítva.

Ebből a tételből és a főtételből következnek a többek között az alábbi tételek:

Bármely $G_n^{(n)}$ görbe csak egy menetből állhat, kivételes pontja vagy símulóhipersíkja nem lehet. Egy $G_n^{(n)}$ görbének érintői és kettősszelői a görbén kívül nem metszhetik egymást. Egy $G_n^{(n)}$ görbének sincs háromszoros vagy többszörös szelője.

A $G_n^{(n-1)}$ görbék vagy két menetből állanak és akkor nincs kettőspontjuk, vagy csak egy menetből állanak, amikor legfeljebb egy kettőspontjuk lehet. A kétmenetű és kettősponttal bíró egymenetű $G_n^{(n-1)}$ görbéknek, mihelyt $n>4$, az R_{n-1} tér egy általános pontjára vonatkozólag sincs egynél több látszólagos kettőspontjuk. A kettőspontot nem tartalmazó, egymenetű $G_n^{(n-1)}$ $(n>4)$ görbéknek sem lehet kettőnél több látszólagos kettősppntjuk.

A $G_n^{(n-2)}$ $(n>4)$ görbék vagy három menetből állanak és kettőspont nélküliek vagy két menetből állanak és legfeljebb egy kettősponttal bírnak, vagy egymenetűek és legfeljebb két kettőspontjuk van. A hárommenetű, vagy kettősponttal bíró kétmenetű, vagy a két kettősponttal bíró egymenetű $G_n^{(n-2)}$ görbéknek, mihelyt $n>6$, az R_{n-2} tér egy általános pontjára vonatkozólag legfeljebb egy látszólagos kettőspotjuk van. A két menetből álló kettőspontnélküli, vagy az egy kettősponttal bíró egymenetű $G_n^{(n-2)}$ $(n>6)$ görbéknek legfeljebb két, a két kettősponttal bíró $G_n^{(n-2)}$ $(n>6)$ görbéknek pedig legfeljebb egy látszólagos kettőspontjuk van (az R_{n-2} tér egy általános pontjára vonatkozólag).

Az előző tételek kiegészítésére könnyen beláthatók a következő tételek:

A párosrendű kétmenetű $G_n^{(n-1)}$ görbék mindkét menete vagy n-edrendű, vagy $n-1$-edrendű. A páratlan rendű kétmenetű $G_n^{(n-1)}$ görbék egyik menetének n, a másiknak pedig $n-1$ a rendszáma.

A kétmenetű $G_n^{(n-2)}$ $(n>4)$ görbék meneteinek rendszámai a következők lehetnek:

1. n, n; 2. n, $n-2$; 3. $n-2$, $n-2$;
4. $n-1$, $n-1$; 5. n, $n-1$; 6. $n-2$, $n-1$.

Ha n páros, akkor a két utolsó, ha n páratlan, akkor a négy első eset nem fordulhat elő.

A hárommenetű $G_n^{(n-2)}$ $(n>4)$ görbék meneteinek rendszámai csak a következők lehetnek:

1.	n,	n, n;	2.	n,	n, $n-2$;
3.	n,	$n-2$, $n-2$;	4.	$n-2$,	$n-2$, $n-2$;
5.	$n-2$,	$n-1$, $n-1$;	6.	n,	$n-1$, $n-1$.

Ha n páros, akkor az utolsó eset, ha pedig n páratlan akkor az első három eset nem fordulhat elő.

Ezek a tételek a következő nyilvánvaló tételből következnek:

Ha egy többmenetű $G_n^{(q)}$ görbének van egy n-edrendű menete, akkor a többi menet mind zéróindexű (és így szükségképen párosrendű).

Annak kimutatását, hogy a ki nem zárt esetekre valóban léteznek megfelelő $G_n^{(n-1)}$ és $G_n^{(n-2)}$ görbék, függőben kell hagynunk. Már algebrai görbékkel is megvalósítható azonban két negyedrendű vagy két harmadrendű menetből álló $G_4^{(3)}$ negyedrendű térgörbe.

4. Zérónál nagyobb indexű $G_n^{(q)}$ görbékről.

A főtétel zérónál nagyobb indexű $G_n^{(q)}$ görbékre a következőképen általánosítható:

Ha egy $G_n^{(q)}$ görbének bizonyos számú menete egy i-indexű görbét alkot és ha $2q>n-i$, akkor a többi menet által alkotott görbe meneteinek és kettőspontjainak együttes száma legfeljebb $n+1-i-q$.

Az i-indexű görbe elhagyása után a $G_n^{(q)}$ görbéből megmaradt menetek ugyanis egy olyan $G_{n'}^{(q)}$ görbét alkotnak, amelynek rendszáma $n' \leqq n-i$. Mivel $2q>n-i \geqq n'$, azért a $G_{n'}^{(q)}$ görbe meneteinek és kettőspontjainak együttes száma legfeljebb

$$n'+1-q \leqq n+1-i-q.$$

Mivel $2q>n-i$, azért a $G_{n'}^{(q)}$ görbe meneteinek és kettőspontjainak együttes $m'+k'$ számára az

$$m'+k' \leqq n+1-i-q < \frac{n-i}{2}+1$$

egyenlőtlenség is fennáll. Ennek alapján kimondható a következő tétel is:

Ha egy $G_n^{(q)}$ görbének bizonyos menetei egy i-indexű görbét alkotnak és ha $2q > n-i$, akkor a többi menet alkotta görbe meneteinek és kettőspontjainak együttes száma legfeljebb $\frac{n-i}{2}$.

Mivel ν számú páratlan menet legalább ν-indexű görbét alkot, azért még a következő tétel is kimondható:

Ha egy $G_n^{(q)}$ görbének ν számú páratlan menete van és ha $2q > n - \nu$, akkor a görbének legfeljebb $\frac{n-\nu}{2}$ *páros menete lehetséges. A páros menetek száma ezt a felső határt csak olyan $G_n^{(q)}$ görbén érheti el, amelynek páratlan menetei pontosan ν indexű görbét alkotnak és amelynek páros menetei sem önmagukat, sem egymást nem metszik.*

(A M. T. Akadémia III. osztályának 1936. okt. 12-én tartott üléséből.)

MEHRZÜGIGE KURVEN IM MEHRDIMENSIONALEN RAUME.

Von GYULA (JULIUS) v. SZ. NAGY.

Eine einzügige Kurve im R_q ist ein reelles eindeutiges, stetiges Kreisbild in dem reellen projektiven q-dimensionalen Raume R_q. Die Züge einer mehrzügigen Kurve im R_q sind einzügige Kurven im R_q.

Die Gesamtanzahl der Züge und der Doppelpunkte einer Kurve n-ter Ordnung im R_q ist höchstens $n+1-q$, falls die Ungleichung $2q>n$ besteht. (Die Rückkehrpunkte sind hier den Doppelpunkten zu rechnen.)

Für den Fall $2q \leqq n$ kann diese Anzahl unbeschränkt sein, wie die ebenen Kurven vierter Ordnung und die Raumkurven sechter Ordnung zeigen.

Aus dem vorigen Satze folgt der Satz:

Besteht auch die Ungleichung $2(q-1)>n$, so ist die Gesamtanzahl der Züge und der wirklichen und scheinbaren Doppelpunkte für die Kurven n-ter Ordnung im R_q höchstens $n+2-q$.

Es werden die wichtigsten Eigenschaften der Kurven n-ter Ordnung im R_n, R_{n-1} und R_{n-2} bestimmt.

Der erste Satz lässt sich verschärfen, falls der Index der Kurve n-ter Ordnung im R_q grösser als eins ist.

(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften vom 12. Okt. 1936.)

TÖBBMÉRETŰ TEREKBEN FEKVŐ MAXIMÁLIS INDEXŰ GÖRBÉKRŐL.

SZŐKEFALVI NAGY GYULA l. tagtól.

1. Bevezetés.

Ennek a dolgozatnak célja a többméretű terekben fekvő térgörbékre átvinni az index fogalmát és a maximális indexű ilyen görbék főbb tulajdonságait megállapítani.

A következőkben R_q q-méretű lineáris teret fog jelenteni. Ennek a térnek $(q-1)$-méretű lineáris altereit hipersíkoknak, a $(q-2)$-méretű lineáris altereit pedig hiperegyeneseknek fogjuk nevezni.

$G^{(q)}$ a következőkben olyan zárt görbét fog jelölni, amely az R_q térben fekszik, de ennek a térnek egy hipersíkja sem tartalmazza a görbét. A $G^{(q)}$ görbéről feltételezzük, hogy minden pontjában a ponttal folytonosan változó érintője, simulósíkja, ..., simuló hiperegyenese és simuló hipersíkja van. Egy $G^{(q)}$ görbe *rendszáma* azoknak a pontoknak maximális száma, amelyekben a görbét az R_q tér egy tetszőleges hipersíkja metszheti. Ezeknek a pontoknak a minimális száma a görbe *indexe*. Az olyan $G^{(q)}$ görbét, amelynek n a rendszáma, $G_n^{(q)}$ görbének fogjuk nevezni.

A $G_n^{(2)}$ és a $G_n^{(3)}$ görbék, vagyis az n-edrendű síkgörbék és az ugyanilyen közönséges térbeli görbék indexe legfeljebb $n-2$ lehet. Egy $G_n^{(q)}$ görbe akkor maximális indexű, ha indexe $n-q^*$, ahol q^* a q-ban foglalt legnagyobb páros számot jelenti, vagyis $q^*=q$, ha q páros szám és $q^*=q-1$, ha q páratlan.

Egy $G_n^{(q)}$ görbe egy C síkgörbén is értelmezhető, ha a síkon egy olyan q-dimenziós S görberendszert veszünk fel, amely-

nek egy görbéjét a síknak tetszőlegesen felvett q pontja egyértelműen határozza meg. A C görbének az S rendszerre vonatkozó rendszáma, illetőleg indexe azoknak a pontoknak maximális, illetőleg minimális száma, amelyekben a C görbét az S rendszer egy tetszőleges görbéje a rendszer fixpontjait leszámítva találhatja. Az R_q tér hipersíkjainak tehát egyértelműen meg lehet feleltetni az S rendszer görbéit. Fel kell azt is tételeznünk, hogy a C görbének q számú szomszédos pontja is meghatározza az S egy görbéjét.

Az irodalmat illetően hivatkozunk «Maximális indexű térgörbékről» című dolgozatunkra, s az ott idézett értekezésekre.[1] Nem ismeretes előttünk háromnál több méretű térben fekvő maximális indexű görbékre vonatkozó értekezés.[2]

---

[1] Ebben az értekezésben következő dolgozatainkra történik hivatkozás:

1. Maximális indexű térgörbékről. Matematikai és Természettudományi Értesítő 54. k. (1936), 685—711.

2. Sík- és térbeli algebrai görbék reális meneteiről. U. ott 33. k. (1915), 544—560.

3. Maximális osztályindexű síkgörbék jellemző számairól. U. ott 43. k. (1926), 290—306.

4. Maximális osztályindexű síkgörbék meneteiről. U. ott 44. k. (1927), 434—445.

5. Maximális indexű felületekre vonatkozó vizsgálatok. U. ott 53. k. (1935), 421—474.

6. Többméretű terekben fekvő többmenetű görbékről. U. ott 55. k. (1937). 540—548.

7. Über Kurven von Maximal-Klassenindex. Über Kurven von Maximalindex. Mathematische Annalen 89. k. (1923), 32—75; 90. k. (1924), 152—153.

8. Über Flächen vom Maximalindex. Math. Annalen 98. k. (1927), 657—683.

Ezeket a dolgozatokat röviden 1—8. N jellel fogjuk idézni.

Egy síkgörbének egy S görberendszerre vonatkozó rendszámát O. HAUPT német matematikus «Zur Theorie der Ordnung reeller Kurven in der Ebene bezüglich vorgegebener Kurvenscharen» c. dolgozatában értelmezte először, (Monatshefte für Mathematik und Physik 40 k. (1933), 1—53).

[2] Ennek a dolgozatnak befejezése után jelent meg I. SAUTER: Zur Theorie der Bogen n-ter (Realitäts-) Ordnung im projektiven Raum R_n (Erste Mitteilung) c. dolgozata, Math. Zeitschrift 41. k. (1936), 507—536.

2. A $G_n^{(q)}$ görbék indexe. Maximális indexű G görbék tulajdonságairól.

Egy $G_n^{(q)}$ görbét egy P pontjának σ símuló hipersíkja q összeeső pontban találja. A σ hipersík szomszédságában van olyan σ_1 hipersík, amely a $G_n^{(q)}$ görbét a P pont szomszédságában vagy nem találja, vagy pedig csak egy pontban találja a szerint, amint q páros, illetőleg páratlan. Ebből következik, hogy a $G_n^{(q)}$ görbe i indexe eleget tesz az

$$i \leqq n - q, \text{ illetőleg } i \leqq n - (q - 1)$$

egyenlőtlenségnek a szerint, amint q páros, illetőleg páratlan. Így tehát mindkét esetben

$$i \leqq n - q^\star.$$

Ennek alapján kimondható a következő tétel:

I. *A maximális indexű $G_n^{(q)}$ görbék indexe $n-q^\star$, ahol $q^\star$ a q számban foglalt legnagyobb páros számot jelenti.*

Az index értelmezéséből következik a következő tétel:

II. *Ha $G_n^{(q)}$ maximális indexű görbe az R_q térben, akkor ebben a térben nincs két olyan hipersík, amelyeknek a görbével való közös pontjaik számai egymástól $q^\star$-nál nagyobb számban különböznek.*

Ennek a tételnek a következménye a következő tétel:

III. *A maximális indexű $G_n^{(q)}$ görbe akármelyik érintőjén átmenő bármely hipersík az érintőre eső két ponton kívül legalább még $n-q^\star$ pontban találja a görbét.*

Mivel a $G_n^{(n)}$ görbék mind maximális indexű görbék, azért SAUTER értekezése is bizonyos tekintetben a jelen dolgozat tárgykörébe tartozik, egyébként eredményei nem érintkeznek eredményeinkkel.

Általánosabb eredményeket ért el a maximális indexű $G_n^{(q)}$ görbékre vonatkozólag P. SCHERK német matematikus, amiként erről e dolgozat eredményeinek lezárása után, szeptember 27-én hozzánk intézett levelében értesített. P. SCHERK is bebizonyította a mi I., VII. és IX. tételünk tartalmát. Ezeken kívül bebizonyította, hogy bármely maximális indexű $G_n^{(q)}$ görbe szakaszonkint elemi görbe, vagyis, hogy szakaszonkint q-adrendű ívekre felbontható. P. SCHERK utolsó eredménye egy páros q-hoz tartozó $G_n^{(q)}$ maximális indexű görbe szingularitásaira vonatkozik.

Ha ugyanis a $G_n^{(q)}$ görbét P pontban érintő p egyenesen átmenő σ hipersík a P pontba összeeső két ponton kívül legfeljebb $n-q^*-2$ pontban metszené még a $G_n^{(q)}$ görbét, akkor ennek a σ hipersíknak elég közeli szomszédságában volna a P ponton át nem menő olyan σ_1 hipersík, amelynek a görbével $n-q^*-2$ közös pontja volna. A görbe tehát nem lehetne maximális indexű.

A III. tételnek általánosítása a következő:

IV. *A maximális indexű $G_n^{(q)}$ görbe egy P pontjához tartozó páratlanméretű $R_{2k-1}(2k-1<q)$ simuló téren áthaladó hipersíkoknak a görbével legalább $n-q^*+2k$ közös pontjuk van.*

A $G_n^{(q)}$ görbe P pontjához tartozó simuló R_{2k-1} térnek a görbével a P pontba összeeső $2k$ közös pontja van. Ha ezen az R_{2k-1} téren áthaladó σ hipersíknak a görbével $n-q^*+2k$-nál kevesebb közös pontja volna, akkor a közös pontok száma legfeljebb $n-q^*+2k-2$ volna. A σ hipersík elég közeli szomszédságában volna azonban ekkor egy olyan hipersík, amelynek a görbével legfeljebb $n-q^*-2$ közös pontja volna, mivel a P pontban és ennek szomszédságában a görbével $2k$-val kevesebb közös pontja volna, mint a σ hipersíknak. Ez azonban a III. tétel miatt lehetetlen, mivel a $G_n^{(q)}$ görbe maximális indexű.

A IV. tételből következnek a következő tételek is:

V. *A maximális indexű $G_n^{(q)}$ görbék simuló hipersíkjainak a görbével n számú közös pontjuk van. A görbe egy P pontjának simuló hipersíkja nem érintheti a görbét a P ponton kívül.*

VI. *A páratlan méretű R_q térben fekvő maximális indexű $G_n^{(q)}$ görbe egy simuló hiperegyenesén áthaladó hipersíksor minden egyes tagjának n közös pontja van a görbével. Ezek közül a hipersíkok közül egy sem érintheti a görbét még egy másik pontban is.*[1]

Ha q páros, illetőleg páratlan, akkor a IV. tételben $2k=q=q^*$, illetőleg $2k=q-1=q^*$ tehető. Ebből következik az V. és VI. tétel első része, mert mindkét esetben ekkor $n-q+2k=n$.

---

[1] Ez a tétel általánosítása a közönséges térbeli maximális indexű görbékre vonatkozó megfelelő tételnek, amely JUEL-tól származik. L. 1. *N*, 688 lap 5 tétel.

Ha a maximális indexű $G_n^{(q)}$ görbe P pontjában simuló σ hipersík, q páratlan értéke esetén pedig a P pontban simuló hiperegyenesen átmenő akármelyik σ hipersík a görbét P-n kívül még egy Q pontban érintené, akkor az ilyen σ hipersík elég közeli szomszédságában volna olyan σ_1 hipersík, amelynek a görbével a P és Q pontokon kívül ugyanannyi, a P, illetőleg Q pontban pedig q^*-gal, illetőleg 2-vel kevesebb közös pontja volna, mint a σ hipersíknak. A σ hipersíknak tehát q^*+2-vel több közös pontja volna a görbével, mint a σ_1 hipersíknak, ami pedig a II. tétel miatt lehetetlen.

Ezekben a tételekben és az előzőkben az a tény játszik lényeges szerepet, hogy egy olyan σ hipersíknak. amely a P pontban a maximális indexű $G_n^{(q)}$ görbét úgy érinti, hogy egyszersmind metszi is, az elég közeli szomszédságában levő hipersíkok a P pontban vagy ennek szomszédságában szintén metszik a $G_n^{(q)}$ görbét.

Az V. és VI. tétel második részének általánosítása a következő tétel:

VII. *A maximális indexű $G_n^{(q)}$ görbe R_q terének egy hipersíkja sem tartalmazhatja a görbe egymástól különböző P_1, $P_2, \ldots, P_s$ pontjaiban simuló R_{q_1}, $R_{q_2}, \ldots, R_{q_s}$ altereket, feltéve, hogy*

$$q_1+q_2+\cdots+q_s+r>q^*,$$

ahol r a $q_1, q_2, \ldots, q_s$ közül a páratlanok számát jelenti.

Ha ugyanis volna olyan σ hipersík, amely a tételben kifejezett egyenlőtlenség ellenére tartalmazná a maximális indexű $G_n^{(q)}$ görbe s számú P_k pontjában simuló R_{q_k} simuló teret, akkor a σ hipersíknak a P_k pontban legalább q_k+1 közös pontja volna a $G_n^{(q)}$ görbével. Ha a $q_1, q_2, \ldots, q_s$ számok közül az első r a páratlan, akkor a σ hipersík tetszőleges közelségében volna olyan σ_1 hipersík, amelynek a $P_1, P_2, \ldots, P_s$ pontokon és ezek környezetén kívül ugyanannyi közös pontja volna a $G_n^{(q)}$ görbével mint a σ hipersíknak, de amelynek a $P_1, P_2, \ldots, P_r$, illetőleg $P_{r+1}, P_{r+2}, \ldots, P_s$ pontokban és ezek környezetében általánosságban nem volna, illetőleg legfeljebb egy-egy pontja volna közös a $G_n^{(q)}$ görbével. A σ hipersiknak tehát legalább

$$(q_1+1)+(q_2+1)+\cdots+(q_r+1)+q_{r+1}+q_{r+2}+\cdots+q_s=$$
$$=q_1+q_2+\cdots+q_s+r>q^*$$

számú ponttal volna tehát több közös pontja a maximális indexű $G_n^{(q)}$ görbével, mint a σ_1 hipersíknak, ami pedig a II. tétellel ellentétben van.

Vezessük be a következő elnevezéseket:

Egy $G_n^{(q)}$ görbe egy P pontjának *rendszáma,* illetőleg *indexe* azoknak a P pontba összeeső pontok számának maximuma, illetőleg minimuma, amennyiben a P ponton átmenő hipersíkok P-ben a görbét találhatják.

Ezzel az elnevezéssel egy $G_n^{(q)}$ görbe egy közönséges pontjának indexe egy, rendszáma pedig legalább q. A görbe egy k-szoros pontjának indexe k, rendszáma legalább $q+k-1$. A görbe egy P pontja simuló hipersíkjának a $G_n^{(q)}$ görbével való közös pontjai közül ugyanis legalább q pont P-vel összeesik.

Ezekkel az elnevezésekkel a következő két tétel mondható ki:

VIII. *A páratlan méretű R_q térben fekvő maximális indexű $G_n^{(q)}$ görbék bármely közönséges pontjának q a rendszáma, bármely k-szoros pontjának pedig $q+k-1$ a rendszáma.*

IX. *A páros méretű R_q térben fekvő maximális indexű $G_n^{(q)}$ görbék egy egyszeres pontjának rendszáma legfeljebb $q+1$, egy k-szoros pontjának rendszáma legfeljebb $q+k$ lehet.*

Ha ugyanis a páratlan méretű R_q térben fekvő maximális indexű $G_n^{(q)}$ görbe egy P k-szoros pontjának rendszáma $q+k$ vagy ennél nagyobb volna, akkor a P pont egyik σ simuló hipersíkja közelében volna olyan σ_1 hipersík, amelynek a görbével $q+1=(q^*+2)$-vel kevesebb közös pontja volna, mint a σ hipersíknak. Ugyanez áll akkor is, ha q páros és a P k-szoros pont rendszáma legalább $q+k+1$, mert ekkor a P pont egyik σ simuló hipersíkja közelében volna olyan σ_1 hipersík, amelynek a görbével $q+2=(q^*+2)$-vel kevesebb közös pontja volna a görbével, mint a σ simuló hipersíknak. (Az ilyen σ_1 hipersíknak a $G_n^{(q)}$ görbével a P pontban és szomszédságában csak $k-1$ közös pontja van.)

Mivel a $k=1$ eset a $G_n^{(q)}$ görbe egyszeres pontjait is magában foglalja, azért ezzel a VIII. és a IX. tétel be van bizonyítva.

A $G_n^{(q)}$ egy P pontjában a görbének nincs érintőszingularitása, ha a P pont rendszáma $(q-1)$-gyel nagyobb a P pont indexénél. A P pontban akkor van a görbének *érintőszingularitása, érintőkivételessége,* ha a pont rendszáma legalább q-val nagyobb a pont indexénél. Ha a P pont rendszámának és indexének különbsége q, illetőleg nagyobb mint q, akkor a P pontban a görbének közönséges, illetőleg magasabbrendű érintőszingularitása van. A $G_n^{(q)}$ görbe egy P pontjában az R_h simulótér közönséges, közönségesen kivételes, illetőleg magasabbrendűen kivételes, ha P pont a $G_n^{(q)}$ görbének az R_h simulótérrel való közös pontjai közül h-val, $(h+1)$-gyel, illetőleg legalább $(h+2)$-vel több közös pontnak számít, mint a görbének a P ponton átmenő egy olyan R_h térrel való közös pontjai közül, amelyre vonatkozólag P legkevesebb metszéspontnak számít.

Ezeknek az elnevezéseknek a bevezetése után az előzők alapján a következő tételeket mondhatjuk ki:

X. *A páratlan méretű R_q térben fekvő maximális indexű $G_n^{(q)}$ görbék pontjainak nincs érintőszingularitásuk. A páros méretű R_q térben fekvő maximális indexű $G_n^{(q)}$ görbék pontjainak csak közönséges érintő szingularitásuk lehet.*

XI. *A páratlan méretű R_q térben fekvő maximális indexű görbék bármely pontjához tartozó simulóterek mind közönségesek, a páros méretű R_q térben fekvő maximális indexű görbéknek lehetnek olyan pontjaik, amelyekben van kivételes simulótér, de egy pontjukban sem lehet magasabbrendű kivételes simulóterük.*

Az utolsó tétel abból következik, hogy abban az esetben, amikor egy $G_n^{(q)}$ görbe egy P pontjában egy R_h simulótér kivételes, akkor a görbének ebben a pontjában a megfelelő $R_{h+1}, R_{h+2}, \ldots, R_{q-1}$ simulóterek is kivételesek. Ha pedig a R_h magasabbrendűen kivételes, akkor a $R_{h+1}, R_{h+2}, \ldots, R_{q-1}$ simulóterek is magasabbrendűen kivételesek.

3. A maximális indexű $G_n^{(q)}$ görbék projekciói maximális indexű görbékbe.

Könnyen belátható a következő tétel:

XII. *A páratlan méretű R_q térben fekvő maximális indexű*

$G_n^{(q)}$ görbének a tér egy P pontjából a P-n át nem menő egy σ hipersíkra való projekciója maximális indexű $G_n^{(q-1)}$, illetőleg $G_{n-1}^{(q-1)}$ görbe a szerint, amint P nem pontja, illetőleg közönséges pontja a görbének.

A $G_n^{(q)}$ görbének a σ hipersíkon való projekcióját az R_q térnek a σ hipersíkban fekvő egy hiperegyenese ugyanis annyi pontban metszi, mint ahányban azon a hiperegyenesen és a P-n áthaladó hipersík a $G_n^{(q)}$ görbét P-n kívül metszi. A σ hipersíkon kapott $G_n^{(q-1)}$ vagy $G_{n-1}^{(q-1)}$ görbének a hipersík két hiperegyenesével való metszéspontjainak számai tehát ugyanannyival különböznek egymástól, mint ezen a két hiperegyenesen és P-n átmenő két hipersíknak a $G_n^{(q)}$ görbével való metszéspontjainak számai, vagyis legfeljebb $q^*=(q-1)$-gyel.

Ezzel a tétel ki van mutatva.

Akármilyen $q(>3)$-ra áll a következő tétel:

XIII. *Ha egy maximális indexű $G_n^{(q)}$ görbét egy közönséges P pontjának p érintőjén átmenő síkokkal az R_q térnek egy olyan hiperegyenesére projiciálunk, amelynek a p érintővel nincs közös pontja, akkor a felvett hiperegyenesen kapott projekció maximális indexű $G_{n-2}^{(q-2)}$ görbe.*

A p érintőn átmenő egy sík, illetőleg hipersík a felvett ε hiperegyenest egy pontban, illetőleg ennek a hiperegyenesnek, mint R_{q-2} térnek egy hipersíkjában metszi. A $G_n^{(q)}$ görbének az ε hiperegyenesen való projekciója azért $G_{n-2}^{(q-2)}$ görbe, mert az R_{q-2} egy hipersíkja ezt a görbét annyi pontban metszi, mint a P pontba összeeső két ponton kívül a $G_n^{(q)}$ görbét az R_q térnek az a hipersíkja, amely az R_{q-2} térnek megfelelő hipersíkján és a p egyenesen átmegy.

A $G_n^{(q)}$ görbét a p érintőjén átmenő hipersíkok a III. tétel értelmében a p érintőre eső két ponton kívül legalább $n-q^*$ pontban találják. Ebből következik, hogy a $G_{n-2}^{(q-2)}$ görbe is maximális indexű, mert indexe $n-q^*=(n-2)-(q^*-2)$.

A XII. és XIII. tételből következik a következő:

XIV. *Az R_q térben fekvő bármely maximális indexű $G_n^{(q)}$ görbe projekciókkal mindig átvihető maximális indexű $G_{n-q+2}^{(2)}$ síkgörbébe és maximális indexű $G_{n-q+3}^{(3)}$ közönséges térbeli görbébe.*

Páros q-ra a XII. tételnek megfelelően csak a következő tétel mondható ki:

XV. *A páros méretű R_q térben fekvő maximális indexű $G_n^{(q)}$ görbének az R_q egy hipersíkjára való projekciója is lehet maximális indexű görbe. Ha a $G_n^{(q)}$ görbe indexe meneteinek indexösszegével egyenlő és ha a tér egy P pontján átmenő bármely hipersík a görbének egy menetét a görbemenet indexénél több pontban találja, akkor a P pontból a $G_n^{(q)}$ görbének projekciója az R_q térnek (a P-n át nem menő) egy hipersíkjára szintén maximális indexű görbe.*

Az ilyen P ponton átmenő hipersíkok ugyanis legalább $n-q+2$ pontban metszik a $G_n^{(q)}$ görbét, mivel ez a szám legalább 2-vel nagyobb, mint a menetek indexösszege és így mint a görbe indexe. Ebből következik, hogy a P ponton átmenő hipersíkoknak a $G_n^{(q)}$ görbével való metszéspontjainak számai legfeljebb az $n-(n-q+2)=q-2$ számban különböznek egymástól. Az előzők alapján ebből most már következik, hogy a $G_n^{(q)}$ görbe projekciója P-ből egy (P-n át nem menő) σ hipersíkra maximális indexű görbe, mivel erre a hipersíkra, mint R_{q-1} térre vonatkozólag $(q-1)^*=q-2$.

A XV. tételben nem állítjuk azt, hogy egy páros méretű térben fekvő maximális indexű görbék közül csak az olyanoknak lehet az R_q tér egy hipersíkjára való projekciójuk maximális indexű, amelyeknek indexe meneteik indexeinek összegével egyenlő.

A XV. tételből következik a következő:

XVI. *Ha a párosméretű R_q térben fekvő $G_n^{(q)}$ görbe meneteinek indexösszege $n-q$ és ha van a görbének egy zéróindexű M menete, akkor a görbe s ($\leqq q-2$) egymásután következő centrális projekcióval egy maximális indexű $G_{n-s}^{(q-s)}$ görbébe vihető át.*

Az első centrális projekció P_1 középpontját az M meneten vesszük fel. A kapott projekció a P_1 ponton át nem menő egy hipersíkon egy maximális indexű $G_{n-1}^{(q-1)}$ görbe. Ha M_1 jelöli az M menet projekcióját, akkor az M_1 egy P_2 pontjából a $G_{n-1}^{(q-1)}$ görbe projekciója R_{q-1} terének egy (P_2-n át nem menő) hipersíkjára egy maximális indexű $G_{n-2}^{(q-2)}$ görbe, amelyben az M_1

menet projekciója egy zéróindexű M_2 menet. Az eljárás ismétlésével nyilvánvaló tehát a tétel.

4. Több menetből álló maximális indexű $G_n^{(q)}$ görbékről.

A síkgörbékhez hasonlóan áll a következő tétel:

XVII. *Egy maximális indexű $G_n^{(q)}$ görbének bármely menete szintén maximális indexű görbe.*

Tegyük fel ugyanis, hogy a $G_n^{(q)}$ maximális indexű görbének egy m-edrendű $G_m^{(q)}$ menete nem maximális indexű, vagyis hogy ennek a görbének indexe legfeljebb $m-(q^*+2)$. Van tehát az R_q térben olyan hipersík, amely a $G_m^{(q)}$ görbét legfeljebb $m-(q^*+2)$ pontban találja. Ebből a hipersíkból kiindulva kaphatunk olyan hipersíkot, amely a $G_m^{(q)}$ görbe egy P pontjának p érintőjén átmegy és a görbét a P pontba eső két ponton kívül legfeljebb még $m-q^*-2$ pontban találja. A $G_m^{(q)}$ görbének projekciója a p egyenesen átmenő síkokkal (a p egyenessel közös ponttal nem bíró) egy hiperegyenesre olyan $G_{m-2}^{(q-2)}$ görbe, amely szintén nem maximális indexű. Ennek a görbének indexe ugyanis legfeljebb $m-q^*-2$, egy maximális indexű $G_{m-2}^{(q-2)}$ görbének ellenben $(m-2)-(q^*-2)=m-q^*(>m-q^*-2)$ az indexe.

Ha tehát a maximális indexű $G_n^{(q)}$ görbének egy menete nem volna maximális indexű görbe, akkor a XIII. és XIV. tétel értelmében a görbének maximális indexű $G_{n-q+2}^{(2)}$ vagy $G_{n-q+3}^{(3)}$ projekciójában sem volna az egyik menet maximális indexű. Egy maximális indexű síkgörbének vagy közönséges térbeli görbének minden menete maximális indexű. Ebből az ellentmondásból következik a tétel igazsága.

A XVII. tételből következik a következő:

XVIII. *A páratlan méretű R_q térben fekvő maximális indexű $G_n^{(q)}$ görbéknek nincs zéróindexű menetjük.*

A páratlan méretű R_q térben fekvő maximális indexű $G_n^{(q)}$ görbe egy zéróindexű menetjének rendszáma ugyanis $0=q^*=q-1$ volna. Ennek a menetnek q pontján átmenő hipersíknak tehát több közös pontja volna a zéróindexű menettel, mint ennek a rendszáma, ami pedig lehetetlen.

XIX. *A páros méretű R_q térben fekvő maximális indexű*

$G_n^{(q)}$ görbének legfeljebb annyi zéróindexű menete lehet, mint amennyi az $\frac{n+2-q}{2}$ számban foglalt legnagyobb egész szám.

Ha ugyanis a $G_n^{(q)}$ görbét a XIV. tételnek megfelelően egy maximális indexű $G_{n-q+2}^{(2)}$ síkgörbébe visszük át, akkor ennek a síkgörbének legfeljebb $\left[\frac{n+2-q}{2}\right]$ zéróindexű menete van,[4] ahol a szögletes zárójel a benne foglalt legnagyobb egész számot jelenti. A $G_{n-q+2}^{(2)}$ síkgörbének pedig nem lehet több zéróindexű menete, mint a $G_n^{(q)}$ görbének.

Ennek a tételnek a XVI. tétellel való egybevetéséből következik a következő tétel:

XX. *Ha a $G_n^{(q)}$ görbe meneteinek indexösszege $n-q^*$, akkor a görbének legfeljebb egy zéróindexű menete lehet, az is csak q páros értéke esetén.*

Ha ugyanis a $G_n^{(q)}$ görbének (q páros szám) meneteinek indexösszege $n-q$ és ha a görbének M_1 és M_2 két zéróindexű menete, akkor M_1-nek egy P_1 pontjából a $G_n^{(q)}$ görbének (P_1-n át nem menő) egy hipersíkra való centrális projekciója olyan maximális indexű $G_{n-1}^{(q-1)}$ görbe, amelyben az M_2 projekciója zéróindexű menet. A P_1 pont simulósíkja ugyanis a $G_n^{(q)}$ görbét n pontban találja, amelyből q az M_1-re, a többi $n-q$ pedig a többi menetre esik. Ebből az $n-q$ pontból M_1 kivételével a többi menetre az illető menet indexével egyenlő számú pont esik, mivel $n-q$ a $G_n^{(q)}$ görbe meneteinek indexösszegével egyenlő. Ebből következik, hogy a P_1 pont simulósíkja nem metszheti az M_2 menetet, s így ennek projekciója szintén zéróindexű menet. Ez azonban lehetetlen, mivel a páratlan méretű R_{q-1} térben fekvő maximális indexű $G_{n-1}^{(q-1)}$ görbéknek nincsenek zéróindexű meneteik.

Ebből az ellentmondásból következik a XX. tétel igazsága.

Kimutattuk,[2] hogy abban az esetben, amikor $2q > n$, az R_q térben fekvő akármilyen $G_n^{(q)}$ görbének legfeljebb $n+1-q$ menete lehet. Maximális indexű görbék esetén ez a tétel akkor

[1] 7. *N*, 55.

[2] 6. *N*.

is igaz, ha a $2q > n$ feltétel nem teljesül, vagyis igaz a következő tétel:

XXI. *Az R_q térben fekvő maximális indexű $G_n^{(q)}$ n-edrendű görbéknek legfeljebb $n+1-q$ menetjük lehet. Ha a menetek száma ezt a maximumot eléri, akkor azok páratlan q esetén mind, páros q esetén pedig egy zéróindexű menet kivételével mind egységindexűek.*

A maximális indexű $G_n^{(q)}$ görbe ugyanis a XIV. tétel értelmében egy ugyanannyi menetből álló maximális indexű $G_{n+2-q}^{(2)}$, illetőleg $G_{n+3-q}^{(3)}$ síkgörbébe, illetőleg közönséges térbeli görbébe vihető át. Egy maximális indexű $G_{n+2-q}^{(2)}$, ill. $G_{n+3-q}^{(3)}$ görbének legfeljebb $(n+2-q)-1=n+1-q$, ill. $(n+3-q)-2=n+1-q$ menete lehet. A menetek számának maximuma tehát mindkét esetben $n+1-q$.

A maximális számú menetből álló maximális indexű $G_{n+3-q}^{(3)}$, illetőleg $G_{n+2-q}^{(2)}$ görbék menetei mind egységindexűek, illetőleg egy zéróindexű menet kivételével mind egységindexűek. E miatt a maximális számú menetből álló maximális indexű $G_n^{(q)}$ görbékre is hasonló áll a szerint, amint q páratlan, illetőleg páros. A $G_n^{(q)}$ görbe egy menetének indexe sem lehet ugyanis kisebb, mint a görbe $G_{n+3-q}^{(3)}$, illetőleg $G_{n+2-q}^{(2)}$ projekciójában megfelelő menet indexe, mert ha kisebb volna, akkor páros számmal volna kisebb és így negatív volna az index. Ez pedig lehetetlen. De nem lehet a maximális számú menetből álló maximális indexű $G_n^{(q)}$ görbe egy menetének indexe sem nagyobb, mint a görbe maximális indexű $G_{n+3-q}^{(3)}$, vagy $G_{n+2-q}^{(2)}$ projekciójában a megfelelő menet indexe. Az ellenkező esetben a $G_n^{(q)}$ görbe meneteinek indexösszege és így a görbe indexe is nagyobb volna $(n-q^*)$-nál.

Ezzel a XVIII. tétel alapján be van a XXI. tétel bizonyítva.

A XXI. tételből következik a következő:

XXII. *A k menetből álló maximális indexű $G_n^{(q)}$ görbéhez tartozó R_q tér mérete legfeljebb $n+1-k$. Az R_q térben fekvő és k menetből álló maximális indexű görbék rendszáma legalább $k+q-1$. A két határesetben a görbe menetei legfeljebb egy zéróindexű menet kivételével mind egységindexűek. A kivételes eset q-nak csak páros értéke esetén fordul elő.*

5. Maximális indexű irreducibilis és reducibilis görbékről.

Egy $G_n^{(q)}$ görbéről akkor mondjuk, hogy *reducibilis* és a $G_{n_1}^{(q)}, G_{n_2}^{(q)}, \ldots, G_{n_k}^{(q)}$ görbékre szétesik, ha $n = n_1 + n_2 + \cdots + n_k$ és ha ez a k görbe együttvéve a $G_n^{(q)}$ görbe valamennyi menetét tartalmazza és pedig mindenik menetet pontosan egyszer. Ha a $G_n^{(q)}$ görbe egy menetből áll és ha több menetből áll ugyan, de meneteit nem lehet olyan csoportokba foglalni, hogy az egyes csoportokban foglalt menetekből alkotott görbék rendszámainak összege a $G_n^{(q)}$ görbe rendszámával legyen egyenlő, akkor a $G_n^{(q)}$ görbe *irreducibilis*, szét nem eső.[1]

Maximális indexű sík- és térbeli görbékhez hasonló módon áll a következő tétel:

XXIII. *Ha egy maximális indexű $G_n^{(q)}$ görbe reducibilis, akkor azok a görbék, amelyekre szétesik, szintén maximális indexű görbék.*

Az ellenkező esetben ugyanis volna egy olyan n-edrendű maximális indexű $G_n^{(q)}$ görbe, mely a $G_{n_1}^{(q)}, G_{n_2}^{(q)}, \ldots, G_{n_k}^{(q)}$ görbékre szétesik, ezek közül azonban a $G_{n_1}^{(q)}$ görbe nem maximális indexű. Ekkor azonban volna olyan σ hipersík, amely a $G_{n_1}^{(q)}$ görbét legfeljebb $n_1 - q^* - 2$ pontban találná. Ez a hipersík a $G_{n_2}^{(q)}, G_{n_3}^{(q)}, \ldots, G_{n_k}^{(q)}$ görbéket legfeljebb $n_2, n_3, \ldots, n_k$ pontban, a $G_n^{(q)}$ n-edrendű maximális indexű görbét tehát legfeljebb

$$(n_1 - q^* - 2) + n_2 + n_3 + \cdots + n_k =$$
$$= n_1 + n_2 + \cdots + n_k - q^* - 2 = n - q^* - 2$$

pontban találná. A $G_n^{(q)}$ görbe tehát nem volna maximális indexű.

Kimutatjuk a következő tételt:

XXIV. *A k számú (irreducibilis vagy reducibilis) görbére szétesö maximális indexű $G_n^{(q)}$ görbe rendszáma legalább kq^*-gal nagyobb, mint menetei indexeinek összege.*

Ha a maximális indexű $G_n^{(q)}$ görbe $i_1, i_2, \ldots, i_k$ indexű $G_{n_1}^{(q)}, G_{n_2}^{(q)}, \ldots, G_{n_k}^{(q)}$ görbékre esik szét, akkor

---

[1] L. 7.*N*, 62—69; 3.*N*, 290; 4.*N*, 434; 8.*N*, 679—682; 5.*N*, 426—429; 1.*N*, 690—692.

$$n = i + q^* = n_1 + n_2 + \cdots + n_k,\ n_1 = i_1 + q^*,$$
$$n_2 = i_2 + q^*, \ldots,\ n_k = i_k + q^*.$$

Ennélfogva

$$n = i + q^* = (i_1 + i_2 + \cdots + i_k) + kq^*.$$

Mivel a $G^{(q)}_{n_1}, G^{(q)}_{n_2}, \ldots, G^{(q)}_{n_k}$ görbék közül egyiknek indexe sem kisebb, mint meneteinek indexösszege, azért az $i_1 + i_2 + \cdots + i_k$ összege sem kisebb, mint a $G^{(q)}_n$ görbe meneteinek I indexösszege, vagyis

$$n = (i_1 + i_2 + \cdots + i_k) + kq^* \geqq I + kq^*.$$

Ezzel a XXIV. tétel be van bizonyítva. Ebből következik a következő tétel:

XXV. *Ha a maximális indexű $G^{(q)}_n$ görbe meneteinek indexösszege I, akkor a görbe legfeljebb $k \leqq \frac{n-I}{q^*}$ irreducibilis görbére esik szét.*

Abban az esetben, amikor $\frac{n-I}{q^*} < 2$, vagyis, amikor $i - I < q^*$, akkor a $G^{(q)}_n$ görbe irreducibilis, mert egynél több görbére nem eshetik szét.

Kimondhatjuk tehát a következő tételt:

XXVI. *Az olyan maximális indexű $G^{(q)}_n$ görbe, amelynek i indexe és meneteinek I indexösszege eleget tesz az $i < I + q^*$ egyenlőtlenségnek, irreducibilis.*

A $q=2$ és $q=3$ esetekben az $i=I$ ill. az $n = I + kq^* = I + 2k$ a maximális indexű $G^{(q)}_n$ görbe irreducibilitásának, illetőleg k irreducibilis görbére való szétesésének szükséges és elégséges föltétele volt.[1] Azt a kérdést, hogy vajjon az $i < I + q^*$ illetőleg a $k \leqq \frac{n-I}{q^*} < k+1$ a maximális indexű G görbe irreducibilitásának, illetőleg k irreducibilis görbére szétesésének szükséges és elégséges föltétele-e egyszersmind, függőben kell hagynunk.

Könnyen belátható azonban a következő tétel:

XXVII. *Annak, kogy egy k menetből álló maximális indexű n-edrendű $G^{(q)}_n$ görbe k görbére essék szét, szükséges és*

---

[1] 7.*N*, 62—69; 1.*N*, 690—692.

elégséges föltétele az $n = I + kq$ *egyenlet fönnállása, ahol* I *a görbe meneteinek indexösszege.*

Ha ugyanis $i_1, i_2, \ldots, i_k$ jelöli a k menet indexét és $n_1, n_2, \ldots, n_k$ ezeknek a meneteknek rendszámát, akkor az

$$n = I + kq^* = (i_1 + q^*) + (i_2 + q^*) + \cdots + (i_k + q^*)$$

egyenletből következik az

$$n = n_1 + n_2 + \cdots + n_k$$

egyenlet. A $G_n^{(q)}$ görbét tehát n pontban metsző hipersíkok az egyes meneteket rendszámaikkal egyenlő számú pontban találják. Ezzel a XXVII. tétel be van bizonyítva.

Ezzel a tétellel kapcsolatban kimondhatjuk a következő tételt:

XXVIII. *Jelöljön* $G_n^{(q)}$ *egy olyan maximális indexű görbét, amely* $i_1, i_2, \ldots, i_k$ *indexű* k *(irreducibilis vagy reducibilis) görbére esik szét. Jelölje továbbá* $G_{n'}^{(q')}$ *a* $G_n^{(q)}$ *görbének egy maximális indexű olyan projekcióját, amely érintőkön átmenő síkokkal hiperegyenesekre való projiciálások és* q *páratlan értéke esetén esetleg egy pontból egy hipersíkra való projiciálás egymásutánjának eredménye. Ha* $i'_1, i'_2, \ldots, i'_k$ *jelöli a* $G_n^{(q)}$ *görbe* k *faktorgörbéjének a* $G_{n'}^{(q')}$ *görbén megfelelő görbék indexeit, akkor fennáll az*

$$\frac{n - (i_1 + i_2 + \cdots + i_k)}{q^*} = \frac{n' - (i'_1 + i'_2 + \cdots + i'_k)}{q'^*} = k$$

összefüggés.

Ennek a tételnek kimutatására először azt bizonyítjuk be, hogy a $G_n^{(q)}$ görbének egy érintőjén átmenő síkokkal ezzel az érintővel közös ponttal nem bíró és az R_q térben fekvő hiperegyenesre való projiciálás által kapott $G_{n-2}^{(q-2)}$ görbére fennáll a tételben kifejezett vonatkozás.

Mivel a fölvett érintőn átmenő simulóhipersík

$$n = n_1 + n_2 + \cdots + n_k$$

számú pontban találja a $G_n^{(q)}$ görbét, azért ennek a görbének k faktorgörbéjét rendszámával egyenlő számú pontban találja. Ha az érintő a $G_n^{(q)}$ görbének első faktorgörbéjét érinti, akkor a $G_n^{(q)}$ görbe k faktorgörbéjének a $G_{n-2}^{(q-2)}$ görbén megfelelő gör-

béknek n_1-2, $n_2,\ldots,$ n_k a rendszáma. Ez a k görbe a $G_{n-2}^{(q-2)}$ görbének k faktorgörbéje, mivel

$$n-2=(n_1-2)+n_2+n_3+\cdots+n_k.$$

A $G_n^{(q)}$ és $G_{n-2}^{(q-2)}$ görbék maximális indexű voltából és a XXIII. tételből következnek az

$$i_1'=(n_1-2)-(q_1^*-2)=n_1-q^*=i_1,\quad i_h'=n_h-(q^*-2)=i_h+2 \qquad (h=2,3,\ldots,k)$$

összefüggések, ezekből pedig következik az

$$n=n_1+n_2+\cdots+n_k=(i_1+q^*)+(i_2+q^*)+\cdots+(i_k+q^*)=$$
$$=(i_1+i_2+\cdots+i_k)+kq^*$$

és az

$$n-2=(n_1-2)+n_2+n_3+\cdots+n_k=$$
$$=(i_1'+q^*-2)+(i_2'+q^*-2)+\cdots+(i_k'+q^*-2)=$$
$$=(i_1'+i_2'+\cdots+i_k')+k(q^*-2)$$

összefüggés. Ezzel a $G_n^{(q)}$ és $G_{n-2}^{(q-2)}$ görbékre a XXVIII. tétel be van bizonyítva.

Ha q páratlan, akkor a maximális indexű $G_n^{(q)}$ görbének az R_q tér egy tetszőleges pontjából ezen a ponton át nem menő egy hipersíkra való projekciója maximális indexű $G_{n'}^{(q-1)}$ görbe. Mivel $q^*=q-1=(q-1)^*$, azért a $G_n^{(q)}$ és a $G_{n'}^{(q-1)}$ faktorgörbéi és menetei rendszámainak és indexeinek különbsége $q^*=q-1$. Ebből következik, hogy

$$n-(i_1+i_2+\cdots+i_k)=(n_1-i_1)+(n_2-i_2)+\cdots+(n_k-i_k)=kq^*.$$

A páratlan méretű R_q tér egy tetszőleges P pontján és a maximális indexű $G_n^{(q)}$ görbe egy simuló hiperegyenesén áthaladó hipersík a VI. tétel értelmében n pontban találja a görbét. Ebből következik, hogy akkor, amikor P nincs a $G_n^{(q)}$ görbén $n'=n$ és a $G_n^{(q)}$ görbe egy n_h-rendű faktorgörbéjének, a $G_{n'}^{(q-1)}$ görbének is egy ugyanilyen rendű faktorgörbéje felel meg ($h=1,2,\ldots,k$). Ha pedig P a $G_n^{(q)}$ görbének egy olyan $s=s_1+s_2+\cdots+s_k$-szoros pontja, amely a $G_n^{(q)}$ görbe n_h-rendű faktorgörbéjének s_h-szoros pontja, akkor

$$n'=n-s,\quad n_1'=n_1-s_1,\quad n_2'=n_2-s_2,\ldots,\quad n_k'=n_k-s_k$$

Mindkét esetben

$$n' - (i'_1 + i'_2 + \cdots + i'_k) = (n'_1 - i'_1) + (n'_2 - i'_2) + \cdots + (n'_k - i'_k) = kq^*.$$

A $G_n^{(q)}$ görbére fönnálló hasonló összefüggés miatt ezzel be van a XXVIII. tétel bizonyítva.

6. Maximális indexű $G_n^{(q)}$ görbék előállítása.

Egy síkgörbének a sík egy

$$\lambda_0 f_0(x, y) + \lambda_1 f_1(x, y) + \cdots + \lambda_q f_q(x, y) = 0 \qquad (1)$$

egyenlettel bíró S görberendszerére vonatkozó rendszáma, illetőleg indexe azoknak a pontoknak maximális, illetőleg minimális száma, amelyekben a görbét a görberendszer egy görbéje — a görberendszer fixpontjait leszámítva — találhatja. Természetesen föl kell tételezni, hogy ennek az S görberendszernek egy görbéje sem tartalmazhatja a C görbét, sőt annak egyetlen ívét sem.

Az ellenkező esetben ugyanis végtelen nagy volna a C görbének az S rendszerre vonatkozó rendszáma.

Az

$$x_1 = \frac{f_1(x, y)}{f_0(x, y)}, \quad x_2 = \frac{f_2(x, y)}{f_0(x, y)}, \ldots, \quad x_q = \frac{f_q(x, y)}{f_0(x, y)} \qquad (2)$$

transzformáció a C síkgörbét az R_q térnek egy olyan görbéjébe viszi át, amelynek rendszáma, illetőleg indexe megegyezik a C görbének az S görberendszerre vonatkozó rendszámával, illetőleg indexével. Az R_q térnek ezt a görbéjét ugyanis a

$$\lambda_0 + \lambda_1 x_1 + \lambda_2 x_2 + \cdots + \lambda_q x_q = 0 \qquad (3)$$

hipersík annyi pontban metszi, mint ahányban a megfelelő λ paraméterekkel bíró (1) görbe (a görberendszer fixpontjain kívül) a C görbét.

A C görbe az S görberendszerre vonatkozólag akkor maximális indexű, ha rendszáma q^*-gal nagyobb az indexénél, mindkettőt a görberendszerre vonatkozólag véve.

Egy előző dolgozatban kimutattuk a következő tételt:[1]

[1] 5.*N*, 451—456.

Bármely m ($\geqq 3$) egész számhoz van olyan m-edrendű, egy $(m-1)$-szeres ponttal bíró maximális indexű síkgörbe, amely az $(m-1)$-szeres pontján és a görbe egy másodrendű zárt részének bármely pontján áthaladó kúpszeletekre vonatkozólag m-edrendű és $m-2$ indexű.

Ebből a tételből az ott mondottak alapján következik egyszersmind a következő:

Bármely $m(\geqq 3)$ egész számhoz van olyan m-edrendű, egy $(m-1)$-szeres ponttal bíró maximális indexű síkgörbe, amelyet az $(m-1)$-szeres pontján áthaladó kúpszeletek az $(m-1)$-szeres pontba mindig beeső $m-1$ ponton kívül legfeljebb $m+1$ és legalább $m-3$ pontban találnak.

Az előbb mondottak értelmében ennek alapján a következő tétel mondható ki:

XXIX. *Bármely n ($\geqq 4$) egész számhoz van olyan egy menetből álló maximális indexű n-edrendű $G_n^{(4)}$ görbe, amely az R_4 térnek egy másodrendű felületén fekszik.*

Ha az előbbi tételnek megfelelő $m=(n-1)$-edrendű síkgörbének $(m-1)$-szeres pontja a koordinátarendszer kezdőpontja, akkor ezt a görbét az

$$x_1 = \frac{y}{x}, \quad x_2 = x, \quad x_3 = y, \quad x_4 = \frac{y^2}{x}$$

transzformáció a XXIX. tételnek megfelelő $G_n^{(4)}$ görbébe viszi át, mivel az előbbi síkgörbének a

$$\lambda_0 x + \lambda_1 y + \lambda_2 x^2 + \lambda_3 xy + \lambda_4 y^2 = 0$$

kúpszeletrendszerre vonatkozólag n a rendszáma és $n-4$ az indexe.

Kimutatjuk a következő tételt:

XXX. *Bármely $q(\geqq 2)$ és $n(\geqq q)$ egész számokhoz van olyan maximális indexű $G_n^{(q)}$ görbe, amely $n-q+1$ menetből áll. A görbe menetei páratlan q esetén mind, páros q esetén pedig egy zéróindexű menet kivételével mind egységindexűek.*

Ennek a tételnek bebizonyítására felhasználjuk a következő tételt:

Ha az

$$e_h(x, y) \equiv y - a_h x = 0,\ f_k(x, y) \equiv y - b_k x = 0,$$
$$(h = 1, 2, \ldots, m-2;\ k = 1, 2, \ldots, m)$$

egyenletek egymástól különböző olyan $2m-2$ *egyenest állítanak elő, amelyeknek bizonyos forgásértelemben*

$$e_1, f_1, e_2, f_2, \ldots, e_{m-2}, f_{m-2}, f_{m-1}, f_m, e_1, \ldots$$

az egymásutánja és ha az y *tengely az* f_{m-1} *és* f_m *egyeneseknek a többi* $2m-4$ *egyenest nem tartalmazó szögterébe esik, akkor az*

$$e_1(xy).e_2(x, y)\ldots e_{m-2}(x, y) - f_1(x, y).f_2(x, y)\ldots f_m(x, y) = 0$$

egyenlet olyan m*-edrendű maximális indexű görbét állít elő, amely* $m-2$ *egységindexű és egy zéróindexű menetből áll. A görbének zéróindexű menete keresztülhalad a* $(0, +1)$ *és* $(0, -1)$ *pontokon és teljesen az* (f_{m-1}, f_m) *szögtérben fekszik, az egységindexű menetek pedig az* (e_1, f_1), $(e_2, f_2), \ldots, (e_{m-2}, f_{m-2})$ *szögterekben vannak.*

Ez a tétel előző dolgozataink okoskodása alapján könnyen belátható.[1]

Nevezzük az előző tételben előállított görbét C görbének. Ha a

$$\lambda_0 x^{k-1} + \lambda_1 x^{k-2} y + \cdots + \lambda_{k-1} y^{k-1} + \lambda_k x^k + \lambda_{k+1} x^{k-1} y + \cdots + \lambda_{2k} y^k = 0 \quad (4)$$

egyenletben a λ_h együtthatók valósak és k páratlan pozitív egész szám, akkor ez az egyenlet mindig valós görbét állít elő, föltéve, hogy nem mindegyik együttható zéró. Ha az összes k-adfokú tagok eltűnnek, akkor az egyenlet egy $(k-1)$-edrendű görbére és a végtelen távoli egyenesre esik szét. Az együtthatókat paramétereknek fogva fel, az előbbi egyenlet egy $q=2k$ dimenziós görberendszert állít elő. Ennek az S görberendszernek a C görbén csak a koordinátarendszer O kezdőpontja a fixpontja. Ez a fixpont $(m-2)$ $(k-1)$ metszéspontnak számít. A S görberendszer egy Γ görbéjének tehát a fixpontokon kívül legfeljebb

[1] 2.*N*, 546—553; 8.*N*, 674—677; 5.*N*, 451—456.

$mk-(m-2)(k-1)=m-2+2k=m-2+q$ valós metszéspontja lehet a C görbével. A C görbének és egy Γ görbének ugyanis nem lehet végtelen sok közös pontja, mivel az $m-1$ menetből álló és algebrailag is irreducibilis C görbének és az S rendszerhez tartozó és általában unikurzális görbének nem lehet közös görberésze. Ebből következik egyszersmind, hogy k-t akármekkora pozitív egész számnak választhatjuk.

A (4) egyenlettel előállított S görberendszer egy Γ görbéjének az O pontban általában $(k-1)$-szeres pontja van és így az O pont a Γ görbe és a C görbe egy páratlan menete páros $k-1$ számú metszéspontjának számít legalább is. A Γ páratlan görbének a C görbe $m-2$ páratlan menete közül mindegyikkel van tehát még legalább egy-egy, szükségképpen valós közös pontja, mivel két páratlan görbe közös pontjainak száma mindig páratlan szám. Ebből következik, hogy az S görberendszer görbéi az O fixpontba mindig beleeső $(m-2)(k-1)$ ponton kívül legalább még $m-2$ valós pontban találják a C görbét. (Ezek közül a pontok közül is lehet olyan, amely az O pontba esik.)

Ezekből következik, hogy a C görbének a (4) egyenlettel előállított $q=2k$-dimenziós lineáris görberendszerre vonatkozó rendszáma $n\leqq m-2+2k=m-2+q$, indexe pedig $i\geqq m-2$. Az S rendszerbe tartozó egy olyan görbének a szomszédságában ugyanis, amely a C görbét egy közönséges pontjában úgy érinti, hogy ott vele $2k$ közös pontja van, olyan görbéje is van a rendszernek, amelynek $2k$-val kevesebb közös pontja van a C görbével, mint az előbbi görbének. Ebből és az előbbiekből következnek a $n-i\geqq q$, $n\leqq m-2+q$ és $i\geqq m-2$ egyenlőtlenségek, amiknek következménye az $n=m-2+q$ és az $i=m-2$ két egyenlet.

Ha az (1) és (2) egyenleteknek megfelelően $f_0(x,y)=x^{k-1}$ tesszük, akkor az

$$x_1=\frac{y}{x},\quad x_2=\frac{y^2}{x^2},\ldots,\quad x_{k-1}=\frac{y^{k-1}}{x^{k-1}},x_k=x,$$

$$x_{k+1}=y,\ldots,\quad x_{2k}=\frac{y^k}{x^{k-1}}$$

nyilvánkép biracionális transzformáció a C görbét egy $n=m-2+q$ rendű és $i=m-2$ indexű maximális indexű $G_n^{(q)}$ görbébe viszi

át. Ez a görbe $m-1=n-q+1$ menetből áll. amelyek közül egy páros, (az, amely a C görbe páros menetének felel meg), a többi páratlan menet.

Ezzel a XXX. tétel bármely páros, de néggyel nem osztható q számra igazolva van.

Ha az így előállított $G_n^{(q)}$ görbét egy közönséges P pontjának p érintőjén átmenő síkokkal az R_q térnek egy olyan hipereegyenesére projiciáljuk, amelynek a p érintővel nincs közös pontja, akkor a XIII. tétel értelmében egy olyan maximális indexű $G_{n_1}^{(q_1)}$ görbét kapunk, amelyre vonatkozólag $n_1=n-2$, $q_1=q-2$ és amely $n-q+1=n_1-q_1+1$ menetből áll. Ezek a menetek egy zéróindexű menet kivételével egységindexűek. Ezzel a XXX. tétel néggyel osztható q-ra nézve is igazolva van.

Ha pedig a $G_n^{(q)}$ görbét páros menetének egy P pontjából az R_q térnek egy olyan hipersíkjára projiciáljuk, amely P-n nem megy át, akkor a projekció a XV. és XVI. tétel értelmében olyan maximális indexű $G_{n_2}^{(q_2)}$ görbe, amelyre vonatkozólag $n_2=n-1$ és $q_2=q-1$. Mivel ez a projekció a $G_n^{(q)}$ görbe páratlan meneteit és a páros menetét is páratlan menetekbe viszi át, azért a $G_{n_2}^{(q_2)}$ görbének $n-q+1=n_2-q_2+1$ páratlan menete van.

Ezzel a XXX. tétel páratlan q számokra is és ezzel minden esetre be van bizonyítva.

A XXX. tétellel ki van mutatva, hogy léteznek a XXII. tételben ismertetett tulajdonságú maximális indexű és maximális számú menetből álló $G_n^{(q)}$ görbék.

(A M. T. Akadémia III. osztályának 1936. okt. 12-én tartott üléséből.)

ÜBER KURVEN VOM MAXIMALINDEX IN MEHRDIMENSIONALEN RÄUMEN.

Von GYULA (JULIUS) v. SZ. NAGY.

Unter einer einzügigen Kurve im R_q verstehen wir im folgenden ein reelles, eindeutiges, stetiges Kreisbild im projektiven q-dimensionalen Raum R_q, welches überalle je eine mit dem Punkte sich stetig ändernde Tangente, Schmiegebene,..., Schmieghypergerade und Schmieghyperebene besitzt. Eine Kurve im R_q kann aus mehreren Zügen bestehen, dann sind ihre Züge einzügige Kurven im R_q.

Die Ordnung bzw. der Index einer Kurve im R_q ist die Maximal- bzw. Minimalanzahl der Punkte (jeden Punkte mit der entsprechenden Multiplizität gerechnet), in denen die Kurve von einer Hyperebene das Raumes R_q getroffen wird. Eine Kurve n-ter Ordnung im R_q wird im folgenden kurz mit $K_n^{(q)}$ bezeichnet.

Die Ordnung bzw. der Index eines Punktes P einer Kurve $K_n^{(q)}$ ist die Maximal- bzw. Minimalanzahl der in P fallenden Punkte, in denen die Kurve von einer durch P hindurchgehenden Hyperebene getroffen wird.

Eine Kurve $K_n^{(q)}$ ist zerfallend oder reduzibel, wenn ihre Züge in zwei oder mehrere Systeme gruppiert werden können, sodass die Summe der Kurven, die von den Zügen je eines Systems gebildet werden, der Ordnung der Kurve $K_n^{(q)}$ gleich ist. Hat die Kurve $K_n^{(q)}$ nur einen Zug oder zerfällt sie bei keiner Einteilung ihrer Züge, so ist sie irreduzibel.

Die wichtigsten Sätze dieser Arbeit sind die folgenden:

Der maximale Index einer Kurve $K_n^{(q)}$ ist $n-q^*$, wo q^* entweder q, oder $q-1$ ist, je nachdem q eine gerade bzw. ungerade Zahl ist.

Jede Kurve $K_n^{(q)}$ vom Maximalindex wird von einer Hyperebene, die durch eine Tangente der Kurven hindurchgeht, in mindestens $n-q^*+2$ Punkten getroffen.

Ist q eine ungerade Zahl, so hat die Kurve $K_n^{(q)}$ vom Maximalindex mit jeder Hyperebene, die durch eine Schmieghypergerade der Kurve hindurchgeht, n Punkte gemeinsam.

Eine Hyperebene des Raumes R_q kann die den voneinander verschiedenen Punkten P_1, P_2,..., P_s einer Kurve $K_n^{(q)}$ vom Maximalindex zugehörigen Schmiegräume R_{q_1}, R_{q_2},..., R_{q_s} nur dann enthalten, wenn $q_1+q_2+\cdots+q_s+r\leqq q^*$ ist, wo r die Anzahl der ungeraden Zahlen unter q_1, q_2,..., q_s bezeichnet.

Die Projektion einer Kurve $K_n^{(q)}$ vom Maximalindex auf eine Hyperebene aus einem Punkte P, (der ausserhalb der Hyperebene liegt), eine Kurve $K_n^{(q-1)}$ bzw. $K_{n-1}^{(q-1)}$ vom Maximalindex ist, falls q ungerade ist und P kein Punkt bzw. ein gewöhnlicher Punkt der Kurve $K_n^{(q)}$ ist.

Projiziert man eine Kurve $K_n^{(q)}$ vom Maximalindex mittels der Ebenen, die durch eine Tangente eines gewöhnlichen Punktes Kurve hindurchgehen, auf eine Hypergerade, (die mit der betreffenden Tangente keinen Punkt gemeinsam hat), so erhält man eine Kurve $K_{n-2}^{(q-2)}$ vom Maximalindex.

Jede Kurve $K_n^{(q)}$ vom Maximalindex lässt sich durch Projektionen in eine Kurve $K_{n-q+2}^{(2)}$ und auch in eine Kurve $K_{n-q+3}^{(3)}$ vom Maximalindex überführen.

Jeder Zug einer Kurve $K_n^{(q)}$ vom Maximalindex ist wieder eine Kurve vom Maximalindex. Eine Kurve $K_n^{(q)}$ vom Maximalindex besitzt keinen Zug vom Index Null, bzw. höchstens $\left[\frac{n+2-q}{2}\right]$ Züge vom Index Null, je nachdem q ungerade bzw. gerade ist.

Eine Kurve $K_n^{(q)}$ vom Maximalindex hat höchstens $n+1-q$ Züge. Erreicht die Anzahl ber Züge dieses Maximum, so sind die Züge alle vom Index Eins bzw. mit der Ausnahme eines Zuges (vom Index Null) alle vom Index Eins, je nachdem q ungerade bzw. gerade Zahl ist.

Ist eine Kurve $K_n^{(q)}$ vom Maximalindex reduzibel, so sind die Kurven, in welche sie zerfällt, wieder vom Maximalindex.

Bezeichnet i bzw. I den Index einer Kurve $K_n^{(q)}$ vom Maximalindex bzw. die Summe der Indizes ihrer Züge und besteht die Ungleichung $i<I+q^*$, so ist die Kurve irreduzibel. Zerfällt die Kurve $K_n^{(q)}$ vom Maximalindex in k Kurven, so besteht die Ungleichung $n\geqq I+kq^*$.

Es gibt für jede ganze Zahl n ($\geqq 4$) einzügige Kurven $K_n^{(4)}$ vom Maximalindex. Es gibt für jede ganze Zahl $q(\geqq 2)$ und $n(\geqq q)$ Kurven $K_n^{(q)}$ vom Maximalindex, die aus $n+1-q$ Zügen bestehen,

---

(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften vom 12. Okt. 1936.)

ÖNMAGÁBAN ZÁRT ORTHOGONÁLIS FÜGGVÉNYRENDSZER SZORZÓTÁBLÁZATÁRÓL.

SZŐKEFALVI NAGY BÉLÁ-tól.

Bevezetés.

Jelentse $\mathfrak{M}$ egy véges, vagy végtelenbe nyúló intervallumát a számegyenesnek. Egy monoton növekvő $\alpha(s)$ függvény származtasson $\mathfrak{M}$-en egy LEBESGUE—STIELTJES-féle mérték- és integrálfogalmat. Az $\mathfrak{M}$-en értelmezett bizonyos $\psi(s)$ valós értékű függvények alkossanak egy olyan $\{\psi(s)\}$ függvényrendszert, amelyik e mellett az integrálfogalom mellett önmagában zárt. Ezen azt értjük, hogy a $\psi(s)$-ek mindegyike külön-külön korlátos, mérhető és négyzetesen integrálható s hogy továbbá a rendszerbe tartozó bármely két (nem szükségképpen különböző) $\psi_1(s)$, $\psi_2(s)$ függvény szorzata is benne van a $\psi(s)$ függvények által kifeszített zárt lineáris függvénysokaságban, $\mathfrak{L}$-ben.

Bebizonyítható,[1] hogy ha $h_1(s)$ és $h_2(s)$ tetszőleges két $\mathfrak{L}$-be tartozó függvény, melyek egyike korlátos, akkor $h_1(s).h_2(s)$ is $\mathfrak{L}$-be tartozik. Tekintsük csak azokat az $\mathfrak{L}$-be tartozó függvényeket, amelyek korlátosak. Ezek nyilván egy $\mathfrak{L}$-ben mindenütt sűrű $\mathfrak{L}^*$ lineáris sokaságot alkotnak. A $\psi(s)$ függvények maguk, valamint a belőlük kettesével alkotott szorzatok természetesen beletartoznak $\mathfrak{L}^*$-ba. Sőt több áll: tetszőleges két függvénnyel együtt a szorzatuk is $\mathfrak{L}^*$-ba tartozik.

Tegyük még fel, hogy a $\{\psi(s)\}$ rendszer (normált) orthogo-

---

[1] V. ö. SZŐKEFALVI NAGY BÉLA: Izomorf függvényrendszerekről, Matematikai és Természettudományi Értesítő, **54** (1936), 712—734. o., különösen a 730. o.

nális. A rendszer ekkor legfeljebb megszámlálhatóan végtelen sok különböző $\psi_1(s)$, $\psi_2(s)$, $\psi_3(s)$,... függvényből áll és

$$\int_{\mathfrak{M}} \psi_i(s)\,\psi_k(s)\,d\alpha(s) = \delta_{ik} = \begin{cases} 1, & \text{ha } i = k, \\ 0, & \text{ha } i \neq k. \end{cases}$$

Az $\mathfrak{L}^*$-ba egy függvénnyel együtt annak tetszőleges valós számmal való szorzata, két függvénnyel együtt összegük és szorzatuk is beletartozik s minden $\mathfrak{L}^*$-ba tartozó függvény egyértelműen kifejthető a $\psi_p(s)$-ek szerint négyzetintegrálra hozzá tartó sorba. E tulajdonságai folytán az $\mathfrak{L}^*$-ot egy olyan hiperkomplex rendszernek foghatjuk fel, amelynek a $\psi_p(s)$-ek egy főegység-rendszerét alkotják. Ez az algebrai analogia indokolja meg azt, hogy a $\psi_p(s)\,\psi_q(s)$ szorzatoknak a $\{\psi_p(s)\}$ rendszer szerint való kifejtésében fellépő

$$c_{pqr} = \int_{\mathfrak{M}} \psi_p(s)\,\psi_q(s)\,\psi_r(s)\,d\alpha(s)$$

Fourier-féle együtthatókból alkotott $\|c_{pqr}\|$ köbös matrixot a $\{\psi_p(s)\}$ rendszer «szorzótáblázatának» nevezzük.

Egy előbbi dolgozatunknak[2] célja annak vizsgálata volt, hogy milyen mértékben határozza meg a $\|c_{pqr}\|$ szorzótáblázat a függvényrendszert. Most azt a kérdést fogjuk vizsgálni, hogy milyen szükséges és elegendő feltételek mellett van egy adott $\|c_{pqr}\|$ véges vagy végtelen köbös matrixhoz egy olyan önmagában zárt orthogonális függvényrendszer, amelynek $\|c_{pqr}\|$ a szorzótáblázata.

Ezzel a kérdéssel már Haar Alfréd is foglalkozott; ő azonban arra az esetre szorítkozott, amikor az $\mathfrak{M}$ karakterisztikus függvénye (azaz az 1 függvény) is beletartozik $\mathfrak{L}$-be, vagy más szóval, amikor az $\mathfrak{L}^*$ hiperkomplex rendszernek van egységeleme.[3] Haar eredménye erre az esetre a következő.

A $\|c_{pqr}\|$ köbös matrix akkor és csak akkor szorzótáblázata egy ilyen rendszernek, ha a $(C_p)_{qr} = c_{pqr}$ egyenlőségekkel értelmezett C_p négyzetes matrixokra áll:

A. $(C_p)_{qr}$ nem változik, ha a p, q, r indexeket tetszés szerint permutáljuk;

---

[2] Lásd az [1] alatt idézett dolgozatot.

[3] V. ö. A. Haar, Über die Multiplikationstabelle der orthogonalen Funktionensysteme, Math. Zeitschr., 31 (1930), 769—798. o.

B. a C_p-k korlátos, felcserélhető matrixok;

C. van egy konvergens négyzetösszegű $e_1, e_2, e_3, \ldots$ valós számsorozat, amelyre

$$\sum_p e_p (C_p)_{qr} = \delta_{qr} = \begin{cases} 1, & \text{ha } q = r \\ 0, & \text{ha } q \neq r. \end{cases}$$

E három feltétel közül a harmadik lényegesen kihasználja azt a külön feltételt, hogy az $\mathfrak{L}$ tartalmazza az 1 függvényt. Az e_p mennyiségek éppen az 1 függvénynek a $\{\psi_p(s)\}$ rendszerre vonatkozó FOURIER-féle együtthatói.

Mi most az általános esetet fogjuk vizsgálni, amikor az 1 függvényről semmit sem teszünk fel.

1. §. Szükséges feltételek.

Az $\mathfrak{M}$ intervallumon értelmezett

$$\psi_1(s), \psi_2(s), \psi_3(s), \ldots, \psi_p(s), \ldots$$

véges sok (N darab), vagy megszámlálhatóan végtelen sok valós értékű függvény alkosson egy LEBESGUE—STIELTJES-féle integrálfogalom mellett egy önmagában zárt orthogonális rendszert. A $\psi_p(s)$-ek tehát mérhető, négyzetesen integrálható, korlátos függvények s a $\psi_i(s).\psi_k(s)$ szorzatok beletartoznak a $\psi_p(s)$-ek lineáris kapcsolataival négyzetintegrálra tetszőleges pontossággal megközelíthető függvények $\mathfrak{L}$ zárt lineáris sokaságába.

A $\|c_{pqr}\|$ véges (N^3 elemű), illetőleg végtelen köbös matrix jelentse a $\{\psi_p(s)\}$ rendszer szorzótáblázatát, azaz legyen

$$c_{pqr} = \int_{\mathfrak{M}} \psi_p(s)\,\psi_q(s)\,\psi_r(s)\,d\alpha(s).$$

A $\|c_{pqr}\|$ köbös matrixból alkossunk véges (N^2 elemű), illetőleg végtelen négyzetes C_p ($p=1, 2, 3, \ldots$) matrixokat a következőképpen: a C_p matrix q-adik sorának r-edik eleme legyen c_{pqr}-rel egyenlő.

A $\|c_{pqr}\|$ szorzótáblázatból így nyert véges (N darab), illetőleg végtelen sok C_p ($p=1, 2, 3, \ldots$) négyzetes matrixnak a következő tulajdonságai vannak:

I. *A C_p-k egymással felcserélhető, korlátos, szimmetrikus matrixok;*

II. $(C_p)_{qr} = (C_q)_{pr}$ *és* $(C_pC_p)_{qr} = (C_qC_p)_{pr}$ *minden* p, q, r *indexre;*

III. *A C_p matrixok lineárisan függetlenek, azaz nincs olyan N, illetőleg végtelen sok tagú, konvergens négyzetösszegű, nem csupa 0-ból álló $x_1, x_2, x_3, \ldots, x_p, \ldots$ valós számsorozat, amelyre*

$$\sum_p x_p (C_p)_{qr} = 0$$

minden q-ra és r-re.

Bizonyítás. A

$$(C_p)_{qr} = c_{pqr} = \int_{\mathfrak{M}} \psi_p(s)\,\psi_q(s)\,\psi_r(s)\,d\alpha(s)$$

definícióból látható, hogy a C_p matrix szimmetrikus, és hogy $(C_p)_{qr} = (C_q)_{pr}$.

Legyen most $x_1, x_2, x_3, \ldots, x_p, \ldots$ tetszőleges olyan N, illetőleg végtelen sok tagú valós számsorozat, amelyre $\sum_p x_p^2 = 1$. Ha a

$$\sum_p x_p\,\psi_p(s)$$

négyzetintegrálra konvergens sor limeszét $h(s)$-sel jelöljük, akkor

$$\int_{\mathfrak{M}} h(s)\,\psi_p(s)\,d\alpha(s) = x_p, \quad \int_{\mathfrak{M}} (h(s))^2 d\alpha(s) = 1.$$

Minthogy $\psi_p(s)$ korlátos, azért nemcsak $h(s)$, hanem $h(s)\,\psi_p(s)$ is beletartozik $\mathfrak{L}$-be s így alkalmazhatjuk a PARSEVAL-féle összefüggést:

$$\sum_q (C_p)_{qr} x_q = \sum_q \int_{\mathfrak{M}} \psi_p(s)\,\psi_q(s)\,\psi_r(s)\,d\alpha(s) \cdot \int_{\mathfrak{M}} h(s)\,\psi_q(s)\,d\alpha(s) =$$

$$= \int_{\mathfrak{M}} h(s)\,\psi_p(s)\,\psi_r(s)\,d\alpha(s),$$

$$\left|\sum_r x_r \left(\sum_q (C_p)_{qr} x_q\right)\right| = \left|\sum_r \int_{\mathfrak{M}} h(s)\,\psi_r(s)\,d\alpha(s) \cdot \int_{\mathfrak{M}} h(s)\,\psi_p(s)\,\psi_r(s)\,d\alpha(s)\right| =$$

$$= \left|\int_{\mathfrak{M}} h(s)\,h(s)\,\psi_p(s)\,d\alpha(s)\right| \leqq$$

$$\leqq \operatorname{Max} |\psi_p(s)| \cdot \int_{\mathfrak{M}} (h(s))^2 d\alpha(s) = \operatorname{Max} |\psi_p(s)|.$$

Tehát C_p korlátos.

Tegyük most fel, hogy III. nem érvényes, azaz, hogy van egy konvergens négyzetösszegű $x_1, x_2, x_3, \ldots, x_p, \ldots$ valós számsorozat, amelyre

$$\sum_p x_p (C_p)_{qr} = 0$$

minden q-ra és p-re, de amelyre

$$\sum_p x_p^2 \neq 0.$$

Legyen ismét

$$h(s) \sim \sum_p x_p \psi_p(s),$$

ekkor

$$\sum_p x_p (C_p)_{qr} = \sum_p \int_{\mathfrak{M}} h(s)\, \psi_p(s)\, d\alpha(s) . \int_{\mathfrak{M}} \psi_p(s)\, \psi_q(s)\, \psi_r(s)\, d\alpha(s) =$$
$$= \int_{\mathfrak{M}} h(s)\, \psi_q(s)\, \psi_r(s)\, d\alpha(s) = 0,$$

azaz az $\mathfrak{L}$-be tartozó $h(s)\,\psi_q(s)$ függvény minden $\psi_r(s)$-re, tehát az egész $\mathfrak{L}$-re orthogonális. Ennélfogva $h(s)\,\psi_q(s) = 0$, ami ellentmond annak, hogy

$$\sum_q \left(\int_{\mathfrak{M}} h(s)\, \psi_q(s)\, d\alpha(s) \right)^2 = \sum_q x_q^2 \neq 0.$$

Végül tekintsük a szorzatmatrixokat:

$$(C_a C_b)_{qr} = \sum_k (C_a)_{qk} (C_b)_{kr} =$$
$$= \sum_k \int_{\mathfrak{M}} \psi_a(s)\, \psi_q(s)\, \psi_k(s)\, d\alpha(s) . \int_{\mathfrak{M}} \psi_b(s)\, \psi_k(s)\, \psi_r(s)\, d\alpha(s) =$$
$$= \int_{\mathfrak{M}} \psi_a(s)\, \psi_b(s)\, \psi_q(s)\, \psi_r(s)\, d\alpha(s),$$

ahonnan látszik, hogy a C_p-k felcserélhetők és hogy $(C_p C_q)_{qr} = (C_q C_p)_{pr}$.

Az eddigi tárgyalásunk során az $\mathfrak{M}$ alaphalmaz-intervallumnak, illetőleg a rajta értelmezett LEBESGUE—STIELTJES-féle mérték- és integrálfogalomnak csak olyan tulajdonságait használtuk ki, amelyekkel egy *tetszésszerinti absztrakt alaphalmazon értelmezett absztrakt mérték- és integrálfogalom*[4] is rendelkezik.

[4] V. ö. az [1] alatt idézett dolgozattal (725—726. o.).

Csupán annyi a különbség, hogy az absztrakt esetben egy függvényrendszer orthogonalitásából még nem következik, hogy a rendszer legfeljebb megszámlálhatóan végtelen sok függvényből áll; ezt a rendszerről külön fel kell tenni. Az önmagában zártságnak s a szorzótáblázatnak definíciója hasonlóképpen történik az absztrakt esetben, mint a tárgyalt speciális esetben; *a szorzótáblázatra vonatkozó* I.—III. *szükséges feltételek tehát ekkor is érvényesek.*

2. §. Egy segédtétel.

Tegyük fel, hogy egy adott $\|c_{pqr}\|$ véges (N^3), vagy végtelen sok elemű köbös matrixból alkotott C_p négyzetes matrixok eleget tesznek az I.—III. feltételeknek. Ki fogjuk mutatni, hogy ekkor $\|c_{pqr}\|$ egy önmagában zárt orthogonális függvényrendszer szorzótáblázata. A bizonyítás első részének eredményét egy segédtételben fogjuk összefoglalni. (A következőkben a latin betűs indexek az első N, illetőleg az összes pozitív egész számon haladnak keresztül, a szerint, hogy $\|c_{pqr}\|$ elemeinek a száma N^3, vagy végtelen.)

Tekintsük a C_p matrixot, ennek korlátjai legyenek m_p és M_p. Ismeretes, hogy az $[m_p, M_p]$ intervallumon értelmezett bizonyos korlátos $f(x_p)$ függvényekhez (például az összes Baire-féle osztályokba tartozóakhoz) egyértelműen hozzárendelhetők korlátos szimmetrikus matrixok, úgy, hogy ez a hozzárendelés lineáris és multiplikativ s az x_p^n függvényhez a C_p^n matrixot rendeli hozzá. Ha egy $f(x_p)$ függvényhez rendelt matrixot $f(C_p)$-vel jelöljük, akkor tehát:

az $a_1f_1(x_p)+a_2f_2(x_p)$ függvényhez az $a_1f_1(C_p)+a_2f_2(C_p)$ matrix,

az $f_1(x_p)f_2(x_p)$ függvényhez az $f_1(C_p)f_2(C_p)$ matrix

tartozik. Az $f(C_p)$ matrix továbbá olyan tulajdonságú, hogy felcserélhető minden olyan matrixszal, amely a C_p-vel felcserélhető.

Mi csak azt fogjuk kihasználni, hogy az $[m_p, M_p]$-n alulról félig folytonos korlátos függvényekhez és különbségeikhez a fenti

módon matrixok rendelhetők hozzá.[5] Ilyen függvények például a következők:

$$f(x_p;\, n) = \begin{cases} 1, & \text{ha } |x_p| > \dfrac{1}{n} \\ 0, & \text{ha } |x_p| \leqq \dfrac{1}{n} \end{cases}$$

és

$$g(x_p;\, n) = \begin{cases} \dfrac{f(x_p;\, n)}{x_p^2}, & \text{ha } x_p \neq 0, \\ 0, & \text{ha } x_p = 0, \end{cases} \qquad (n = 1, 2, 3, \ldots).$$

Nyilván érvényesek a következő matrixösszefüggések is:

$$f(C_p;\, n) = (f(C_p;\, n))^2 \quad \text{és} \quad f(C_p;\, n) = C_p^2 . g(C_p;\, n).$$

Az $f(C_p;\, n)$ e szerint projekciós matrix (Einzelmatrix). Tekintsük az összes C_p-khez és az összes n egész számokhoz tartozó $f(C_p;\, n)$ projekciós matrixokat és rendezzük őket egy

$$P_1, P_2, P_3, \ldots$$

sorozatba.

A C_p-knek I. szerint való felcserélhetőségéből folyik, hogy e P_ν matrixok is mind felcserélhetők egymással s így az

$$R_1 = P_1, \quad R_\nu = P_\nu - P_\nu \sum_{\mu=1}^{\nu-1} R_\mu \qquad (\nu \geqq 2)$$

rekurziós egyenletek által értelmezett matrixok szintén projekciós matrixok és

$$R_\nu . R_\mu = 0, \quad \text{ha} \quad \nu \neq \mu.$$

Szemeljük ki az R-ek egyikét, például R_ν-t. Ha E az egységmatrix és az

$$E - \sum_{\mu=1}^{\nu-1} R_\mu$$

projekciós matrixot Q_ν-vel jelöljük, akkor tehát

$$R_\nu = P_\nu Q_\nu = f(C_p\ ;\, n_\nu)\, Q_\nu = C_{p_\nu}^2 . g(C_{p_\nu};\, n_\nu) . Q_\nu,$$

---

[5] E hozzárendelés miként jére nézve lásd RIESZ FRIGYES «Les systèmes d'équations linéaires à une infinité d'inconnues» c. könyvének (Paris, 1913) 122. és köv. oldalait.

továbbá

$$R_\nu C_{p_\nu} \cdot g(C_{p_\nu};\, n_\nu) \cdot Q_\nu = C^3_{p_\nu} \cdot \big(g(C_{p_\nu};\, n_\nu)\big)^2 \cdot Q_\nu^2 .$$

Az utóbbi egyenlőség jobboldalán álló matrixszorzat azonban a

$$C_{p_\nu} \cdot g(C_{p_\nu};\, n_\nu) \cdot Q_\nu$$

szorzattal egyenlő, mert egyrészt Q_ν egyenlő a négyzetével, másrészt a

$$C^3_{p_\nu} \cdot \big(g(C_{p_\nu};\, n)\big)^2$$

matrix az

$$x^3_{p_\nu} \cdot \frac{\big(f(x_{p_\nu};\, n_\nu)\big)^2}{x^4_{p_\nu}}$$

függvényhez tartozván, egyenlő az

$$x_{p_\nu} \cdot \frac{f(x_{p_\nu};\, n_\nu)}{x^2_{p_\nu}} = x_{p_\nu} \cdot g(x_{p_\nu};\, n_\nu)$$

függvényhez tartozó

$$C_{p_\nu} \cdot g(C_{p_\nu};\, n_\nu)$$

matrixszal, hiszen ez a két függvény nyilván szintén egyenlő egymással.

Ha a

$$g(C_{p_\nu};\, n_\nu) \cdot Q_\nu$$

korlátos szimmetrikus matrixot G_ν-vel jelöljük, akkor tehát

$$R_\nu = C^{2n}_{p_\nu} G_\nu \quad \text{és} \quad R_\nu C_{p_\nu} G_\nu = C_{p_\nu} G_\nu .$$

Nyilván az R_ν, G_ν, C_{p_ν} matrixok mind felcserélhetők egymással és a többi C_p matrixszal.

Ezek alapján, figyelembe véve II.-t is, nyerjük, hogy

$$(R_\nu)_{qr} = \sum_k (C^2_{p_\nu})_{qk} (G_\nu)_{kr} = \sum_k (C_q C_{p_\nu})_{p_\nu k} (G_\nu)_{kr} = (C_{p_\nu} G_\nu C_q)_{p_\nu r} =$$
$$= \sum_k (C_{p_\nu} G_\nu)_{p_\nu k} (C_q)_{kr} = \sum_k (C_{p_\nu} G_\nu)_{p_\nu k} (C_k)_{qr},$$

továbbá, hogy

$$\sum_q (R_\nu)_{qr} (C_{p_\nu} G_\nu)_{p_\nu q} = (C_{p_\nu} G_\nu R_\nu)_{p_\nu r} = (C_{p_\nu} G_\nu)_{p_\nu r}.$$

Azaz, ha röviden

$$(C_{p_\nu} G_\nu)_{p_\nu q} = e_q^{(\nu)}$$

tesszük, akkor

$$(R_\nu)_{qr} = \sum_k e_k^{(\nu)} (C_k)_{qr} \quad \text{és} \quad \sum_q (R_\nu)_{qr} . e_q^{(\nu)} = e_r^{(\nu)}.$$

A $C_{p_\nu} G_\nu$ matrix korlátossága miatt a

$$\sum_q \left((C_{p_\nu} G_\nu)_{p_\nu q}\right)^2 = \sum_q (e_q^{(\nu)})^2$$

sor konvergens.

Még lássuk be azt, hogy az $R_1, R_2, R_3, \ldots$ matrixok összege az egységmatrix. Ellenkező esetben volna ugyanis egy olyan $x_1, x_2, x_3, \ldots, x_p, \ldots$ valós számsorozat, amelyre

$$\sum_p x_p^2 = 1$$

és amelyre

$$\sum_p (R_\nu)_{pr} x_p = 0, \qquad (r, \nu = 1, 2, 3, \ldots).$$

Ebből következnék, hogy minden ν-re és r-re

$$\sum_p (P_\nu)_{pr} x_p = 0$$

s ennélfogva minden q-ra és r-re

$$\sum_p (C_q)_{pr} x_p = 0.$$

A II. következtében tehát

$$\sum_p x_p (C_\rho)_{qr} = 0$$

állna, ami azonban ellentmond III.-nak.

Bebizonyítottuk tehát a következő *segédtételt:*

Az I.—III. *feltételekből következik, hogy van páronként orthogonális projekciós matrixoknak egy olyan* R_ν $(\nu = 1, 2, 3, \ldots)$ *sorozata és vannak olyan* $e_k^{(\nu)}$ *valós számok, hogy*

a) $\sum_k (e_k^{(\nu)})^2$ *konvergens,*

b) $\sum_\nu (R_\nu)_{qr} = \delta_{qr}$,

c) $(R_\nu)_{qr} = \sum_k e_k^{(\nu)} (C_k)_{qr}$ *és*

d) $\sum_q (R_\nu)_{qr} e_q^{(\nu)} = e_r^{(\nu)}$.

3. §. A feltételek elégségessége.

Tekintsük a C_p és R_ν matrixokat a $\mathfrak{H}$ N-dimenziós, illetőleg HILBERT-féle valós vektortér operátorainak (a szerint, hogy elemeik száma N^2, vagy ∞). A segédtételben szereplő $e_1^{(\nu)}, e_2^{(\nu)}, e_3^{(\nu)}, \ldots$ sorozat, négyzetösszegsora konvergens lévén, $\mathfrak{H}$ egy $\mathfrak{e}^{(\nu)}$ vektora komponenssorozatának tekinthető. $\mathfrak{H}$ egy $\mathfrak{r}$ vektorának k-dik komponensét jelöljük $(\mathfrak{r})_k$-val, két vektornak, $\mathfrak{r}_1$-nek és $\mathfrak{r}_2$-nek belső szorzatát pedig jelöljük a szokásos módon zárójelezéssel: $(\mathfrak{r}_1, \mathfrak{r}_2)$.

A II. feltételből és a segédtétel *c)* pontjából következik, hogy

$$(C_p\mathfrak{e}^{(\nu)})_k = \sum_l (C_p)_{lk} e_l^{(\nu)} = \sum_l (C_l)_{pk} e_l^{(\nu)} = (R_\nu)_{pk},$$

s ebből, hogy

$$(C_pC_q\mathfrak{e}^{(\nu)})_k = \sum_l (C_p)_{lk}(C_q\mathfrak{e}^{(\nu)})_l = \sum_l (C_p)_{lk}(R_\nu)_{ql} = (R_\nu C_p)_{qk}.$$

Ezek alapján nyerjük, hogy

$$\begin{aligned}(C_pC_q\mathfrak{e}^{(\nu)}, \mathfrak{e}^{(\nu)}) = (C_p\mathfrak{e}^{(\nu)}, C_q\mathfrak{e}^{(\nu)}) = \sum_k (C_p\mathfrak{e}^{(\nu)})_k (C_q\mathfrak{e}^{(\nu)})_k = \\ = \sum_k (R_\nu)_{pk}(R_\nu)_{qk} = \sum_k (R_\nu)_{pk}(R_\nu)_{kq} = (R_\nu^2)_{pq} = (R_\nu)_{pq}\end{aligned} \tag{1}$$

és hogy

$$\begin{aligned}(C_pC_qC_r\mathfrak{e}^{(\nu)}, \mathfrak{e}^{(\nu)}) = (C_pC_q\mathfrak{e}^{(\nu)}, C_r\mathfrak{e}^{(\nu)}) = \sum_k (C_pC_q\mathfrak{e}^{(\nu)})_k (C_r\mathfrak{e}^{(\nu)})_k = \\ = \sum_k (R_\nu C_p)_{qk}(R_\nu)_{rk} = \sum_k (R_\nu C_p)_{qk}(R_\nu)_{kr} = \\ = (C_pR_\nu^2)_{qr} = (C_pR_\nu)_{qr} = \sum_k c_{pqk}(R_\nu)_{kr}.\end{aligned} \tag{2}$$

Tekintetbe véve a segédtétel *b)* pontját, (1)-ből és (2)-ből kapjuk a következő összefüggéseket:

$$\sum_\nu (C_pC_q\mathfrak{e}^{(\nu)}, \mathfrak{e}^{(\nu)}) = \delta_{pq}, \tag{3}$$

$$\sum_\nu (C_pC_qC_r\mathfrak{e}^{(\nu)}, \mathfrak{e}^{(\nu)}) = c_{pqr}. \tag{4}$$

Legyen A egy olyan korlátos szimmetrikus matrix, amelyik mindegyik C_p-vel felcserélhető, ekkor felcserélhető mindegyik R_ν-vel is és

$$(A^2R_\nu e^{(\nu)}, R_\nu e^{(\nu)}) = (AR_\nu e^{(\nu)}, AR_\nu e^{(\nu)}) =$$
$$= \sum_k (AR_\nu e^{(\nu)})_k^2 = \sum_k (R_\nu A e^{(\nu)})_k^2 =$$
$$= \sum_k \Big(\sum_l (R_\nu)_{lk} (Ae^{(\nu)})_l\Big)^2 = \sum_k \Big(\sum_l (R_\nu)_{kl} (Ae^{(\nu)})_l\Big)^2 =$$
$$= \sum_k \Big(\sum_l (C_k e^{(\nu)})_l (Ae^{(\nu)})_l\Big)^2 =$$
$$= \sum_k \big((C_k e^{(\nu)}, Ae^{(\nu)})\big)^2 = \sum_k \big((AC_k e^{(\nu)}, e^{(\nu)})\big)^2.$$

Minthogy a segédtétel *d)* pontja szerint $R_\nu e^{(\nu)} = e^{(\nu)}$, azért tehát

$$(A^2 e^{(\nu)}, e^{(\nu)}) = (A^2 R_\nu e^{(\nu)}, R_\nu e^{(\nu)}) = \sum_k \big((AC_k e^{(\nu)}, e^{(\nu)})\big)^2. \qquad (5)$$

Ezek után tekintsük az *összes*

$$(x_1, x_2, x_3, \ldots, x_p, \ldots)$$

valós számsorozatok N-, illetőleg végtelen-dimenziós (nem Hilbert-féle!) terének azt a $\mathfrak{R}$ részét, amelyet az

$$m_1 \leqq x_1 \leqq M_1,\ m_2 \leqq x_2 \leqq M_2,\ m_3 < x_3 \leqq M_3, \ldots,\ m_p \leqq x_p \leqq M_p, \ldots$$

egyenlőtlenségek határoznak meg, ahol m_p a C_p matrix alsó, M_p pedig a felső korlátját jelenti.

Nevezzük intervallumnak a $\mathfrak{R}$-nak egy

$$x_1 \varepsilon i_1,\ x_2 \varepsilon i_2,\ x_3 \varepsilon i_3, \ldots,\ x_p \varepsilon i_p, \ldots$$

alakú feltételekkel meghatározott $\mathfrak{I}$ részét, ahol i_p az $[m_p, M_p]$ lineáris intervallumnak egy zárt, félig zárt vagy nyitott részintervalluma, de ahol véges sok p index kivételével mindig $i_p = [m_p, M_p]$.

Legyen $f(x_p; i_p)$ az i_p lineáris intervallum karakterisztikus függvénye, akkor az $\mathfrak{I}$ karakterisztikus függvénye nyilván

$$\prod_p f(x_p; i_p).$$

Vegyük $\mathfrak{R}$-t végtelen sok példányban:

$$\mathfrak{R}_1, \mathfrak{R}_2, \mathfrak{R}_3, \ldots, \mathfrak{R}_\nu, \ldots.$$

E $\mathfrak{R}$-példányok egyesített halmazát nevezzük $\mathfrak{R}$-nek.

A $\mathfrak{R}_\nu$-n vezessünk be egy mértékfogalmat a következő módon:

Tulajdonítsuk az $\mathfrak{J}$ intervallumnak, ha ezt mint $\mathfrak{R}_\nu$ részhalmazát fogjuk fel, a

$$(\prod_p f(C_p;\, i_p)\, e^{(\nu)},\, e^{(\nu)}) = (\prod_p f(C_p;\, i_p)\, e^{(\nu)},\, \prod_p f(C_p;\, i_p)\, e^{(\nu)})$$

mértéket.

E megállapodásból kiindulva, $\mathfrak{R}_\nu$-ben a szokásos módon bevezethetjük a külső mérték fogalmát s ennek segítségével mérték- és integrálfogalmat definiálhatunk $\mathfrak{R}_\nu$-n. A $\mathfrak{R}_\nu$-k mindegyikén ilyen módon bevezetett integrálfogalom együtt véve természetesen az egész $\mathfrak{R}$-en is egy integrálfogalmat értelmez.

Definiáljuk $\mathfrak{R}$-en a következőképpen a $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \ldots, \varphi_p, \ldots$ függvényeket: a $\mathfrak{R}_\nu$ egy $(x_1, x_2, x_3, \ldots, x_p, \ldots)$ pontjában legyen φ_p egyenlő x_p-vel. A φ_p függvény nyilván mérhető és korlátos. A $\mathfrak{R}_\nu$-n vett négyzetintegrálja

$$\int_{\mathfrak{R}_\nu} \varphi_p^2 = \int_{m_p}^{M_p} x_p^2 d_{x_p} (f(C_p;\, [m_p,\, x_p])\, e^{(\nu)},\, e^{(\nu)}) = (C_p^2 e^{(\nu)},\, e^{(\nu)}).$$

A (3) alatti összefüggés szerint tehát

$$\int_{\mathfrak{R}} \varphi_p^2 = \sum_\nu \int_{\mathfrak{R}_\nu} \varphi_p^2 = \sum_\nu (C_p^2 e^{(\nu)},\, e^{(\nu)}) = 1.$$

A φ_p függvények négyzetesen integrálhatóak és korlátosak lévén, a belőlük alkotott kettős és hármas szorzatok is integrálhatóak, és pedig

$$\int_{\mathfrak{R}} \varphi_p \varphi_q = \sum_\nu \int_{\mathfrak{R}_\nu} \varphi_p \varphi_q =$$

$$= \sum_\nu \int_{m_p}^{M_p} \int_{m_q}^{M_q} x_p x_q d_{x_p} d_{x_q} (f(C_p;\, [m_p,\, x_p])\, f(C_q;\, [m_q,\, x_q])\, e^{(\nu)},\, e^{(\nu)}) =$$

$$= \sum_\nu (C_p C_q e^{(\nu)},\, e^{(\nu)})$$

és ugyanígy $\quad \int_{\mathfrak{R}} \varphi_p \varphi_q \varphi_r = \sum_\nu (C_p C_q C_r e^{(\nu)},\, e^{(\nu)}).$

A (3) és (4) alatti összefüggések alapján tehát nyerjük, hogy

$$\int_{\mathfrak{R}} \varphi_p \varphi_q = \delta_{pq}$$

és $\qquad\qquad (p, q, r = 1, 2, 3, \ldots).$

$$\int_{\mathfrak{R}} \varphi_p \varphi_q \varphi_r = c_{pqr}$$

A $\{\varphi_p\}$ tehát egy olyan korlátos függvényekből álló orthogonális függvényrendszer, amelynek $\|c_{pqr}\|$ a szorzótáblázata.

Kimutatjuk még, hogy a $\{\varphi_p\}$ rendszer az $\mathfrak{R}$ halmazon *teljes*. E végből nyilván elegendő annak bizonyítása, hogy, ha χ a $\mathfrak{R}$, egy $\mathfrak{I}$ intervallumának karakterisztikus függvénye, akkor

$$\int_{\mathfrak{R}} \chi^2 = \sum_p \left(\int_{\mathfrak{R}} \chi\varphi_p\right)^2. \tag{6}$$

Az $\mathfrak{I}$ intervallum legyen a következőképpen meghatározva:

$$x_1 e i_1,\ x_2 e i_2,\ x_3 e i_3, \ldots,\ x_p e i_p, \ldots.$$

Jelöljük a

$$\prod_p f(C_p;\ i_p)$$

projekciós matrixot A-val, ez nyilván felcserélhető mindegyik C_p matrixszal, s így érvényes rá az (5) alatti összefüggés.

A $\chi^2=\chi$ függvény $\mathfrak{R}$-en vett integrálja az $\mathfrak{I}$ mértékével, azaz

$$(Ae^{(\nu)},\ e^{(\nu)}) = (A^2 e^{(\nu)},\ e^{(\nu)})$$

-vel egyenlő. Könnyű továbbá belátni, hogy

$$\int_{\mathfrak{R}} \chi\varphi_p = \int_{\mathfrak{I}} \varphi_p = \int_{m_p}^{M_p} x_p d_{x_p} (A.f(C_p;\ [m_p,\ x_p])e^{(\nu)},\ e^{(\nu)}) = (AC_p e^{(\nu)},\ e^{(\nu)}).$$

Az (5) alatti összefüggés tehát éppen a (6) alattit igazolja.

Ezzel már is kimutattuk, hogy, *ha egy* $\|c_{pqr}\|$ *köbös matrixból megalkotott* C_p *négyzetes matrixokra teljesülnek az* I.—III. *feltételek, akkor* $\|c_{pqr}\|$ *egy valós értékű, korlátos függvényekből álló teljes (s így a fortiori önmagában zárt) orthogonális függvényrendszernek a szorzótáblázata.*

De még tovább megyünk, bebizonyítjuk, hogy $\|c_{pqr}\|$ ekkor egy olyan rendszernek is a szorzótáblázata, amilyenről a bevezetésben volt szó, azaz szorzótáblázata egy az egyenes $\mathfrak{M}$ intervallumán értelmezett, egy LEBESGUE—STIELTJES-féle integrálfogalom mellett önmagában zárt $\{\psi_p(s)\}$ orthogonális függvényrendszernek is. Sőt, mint látni fogjuk, a $\psi_p(s)$ függvények folytonosaknak is választhatók.

Legyen

$$\mathsf{B}_1,\ \mathsf{B}_2,\ \mathsf{B}_3, \ldots$$

a $\mathfrak{K}$ egy-egy véges sok intervallumra való beosztása úgy, hogy B_n albeosztása B_{n-1}-nek. A beosztások létesítésére felhasznált belső «síkoknak» az x_p-tengellyel ($p=1, 2, 3, \ldots$) való metszéspontjai feküdjenek az

$$m_p < x_p < M_p$$

szakaszon sűrűn, de kerüljék ki azt (a legfeljebb megszámlálhatóan végtelen sok) $\lambda_{p1}, \lambda_{p2}, \lambda_{p3}, \ldots$ pontot, amelyek a C_p matrix pontspektrumát alkotják.

Ez a $\mathsf{B}_1, \mathsf{B}_2, \mathsf{B}_3, \ldots$ beosztássorozat $\mathfrak{K}$-n egy rácsot alkot. Készítsünk a t egyenes $\mathfrak{T} = [0, 1]$ intervallumán egy megfelelő rácsot egy $\mathsf{B}'_1, \mathsf{B}'_2, \mathsf{B}'_3, \ldots$ minden határon túl finomodó beosztási sorozat által.[6] A B_n-nél és B'_n-nél fellépő (zárt) intervallumok megfeleltetését úgy végezzük, hogy két közös végponttal bíró $\mathfrak{T}$-beli intervallumnak két olyan $\mathfrak{K}$-beli intervallum feleljen meg, amelyeknek van közös oldala.

E két rács ekkor $\mathfrak{K}$ és $\mathfrak{T}$ pontjai közt egy olyan megfelelkezést létesít, hogy $\mathfrak{T}$ egy tetszőleges t pontjának megfelel $\mathfrak{K}$ egy egyértelműen meghatározott

$$(\theta_1(t), \theta_2(t), \theta_3(t), \ldots, \theta_p(t), \ldots)$$

pontja; ahol $\theta_p(t)$ a t folytonos függvénye. Fordítva, $\mathfrak{K}$ mindegyik pontja megfelel valamelyik t pontnak, de esetleg többnek is. Utóbbi eset azonban csak akkor fordulhat elő, ha e pont a $\mathfrak{K}$ rácsának valamelyik belső beosztási síkján fekszik. A $\mathfrak{K} \to \mathfrak{T}$ irányú leképezést létesítő

$$g(x_1, x_2, x_3, \ldots) = t$$

függvény tehát a beosztási síkokon kívül mindenütt egyértékű.

A beosztási síkok összessége azonban a $\mathfrak{K}_\infty$-n bevezetett mértékfogalom értelmében zérómértékű. Beosztási sík ugyanis

---

[6] A $\mathfrak{K}$ topologiájára, valamint $\mathfrak{K}$ és $\mathfrak{T}$ megfelelő rácsainak fogalmára s a megfelelő rácsok által létesített $\mathfrak{K} \longleftrightarrow \mathfrak{T}$ leképezésre vonatkozóan lásd például B. Jessen, The Theory of Integration in a Space of an Infinite Number of Dimensions, Acta Mathematica, 63 (1934), 249—323. o., valamint az ott idézett további idevágó dolgozatokat.

megszámlálhatóan végtelen sok van s egy beosztási síknak, például az $x_\mu = \lambda$ egyenletűnek a mértéke:

$$(f(C_\mu;\ [\lambda,\ \lambda])\, e^{(\nu)},\ e^{(\nu)}) = 0,$$

minthogy λ nem esik a C_μ pontspektrumába.

A $g(x_1, x_2, x_3, \ldots)$ függvény tehát $\mathfrak{R}_\nu$-n majdnem mindenütt egyértékű és nyilván mérhető függvény és

$$\theta_\mu(g(x_1, x_2, x_3, \ldots))$$

$\mathfrak{R}_\nu$-n majdnem mindenütt x_μ-vel egyenlő.

Értelmezzük most az $s \geqq 0$ félegyenesen az $\alpha(s)$ monoton növekvő függvényt a következőképpen: A $2(\nu-1) \leqq s < 2\nu - 1$ $(\nu = 1, 2, 3, \ldots)$ intervallumon legyen $\alpha(s)$ egyenlő a ν-nél kisebb indexű $\mathfrak{R}_\mu$-k mértékeinek összegével, hozzáadva még ehhez a $\mathfrak{R}_\nu$ azon részének mértékét, ahol a $g(x_1, x_2, x_3, \ldots)$ függvény értéke a $[0, s - 2(\nu - 1)]$ intervallumba esik. A $2\nu - 1 \leqq s < 2\nu$ intervallumon pedig legyen $\alpha(s)$ a ν-nél nem nagyobb indexű $\mathfrak{R}_\mu$-k mértékeinek összegével egyenlő.

Továbbá értelmezzük a $\psi_\mu(s)$ folytonos függvényt a következőképpen: a $2(\nu - 1) \leqq s < 2\nu - 1$ intervallumon legyen $\theta_\mu(s - 2(\nu - 1))$-gyel egyenlő, a $2\nu - 1 \leqq s < 2\nu$ intervallumon pedig legyen például lineáris:

$$\psi_\mu(s) = \theta_\mu(0) + (2\nu - s).\big(\theta_\mu(1) - \theta_\mu(0)\big).$$

Legyen $f(s)$ tetszőleges folytonos függvény. Ekkor nyilván

$$\int_0^\infty f(s)\, d\alpha(s) = \sum_\nu \int_{2(\nu-1)}^{2\nu-1} f(s)\, d\alpha(s) = \sum_\nu \int_{\mathfrak{R}_\nu} f\big(g + 2(\nu - 1)\big).$$

Ennélfogva

$$\int_0^\infty \psi_\mu(s)\, \psi_\varrho(s)\, d\alpha(s) = \sum_\nu \int_{\mathfrak{R}_\nu} \psi_\mu\big(g + 2(\nu-1)\big).\psi_\varrho\big(g + 2(\nu-1)\big) =$$

$$= \sum_\nu \int_{\mathfrak{R}_\nu} \theta_\mu(g)\, \theta_\varrho(g) = \sum_\nu \int_{\mathfrak{R}_\nu} \varphi_\mu \varphi_\varrho = \int_{\mathfrak{R}} \varphi_\mu \varphi_\varrho = \delta_{\mu\varrho}$$

és ugyanígy

$$\int_0^\infty \psi_p(s)\, \psi_q(s)\, \psi_r(s)\, d\alpha(s) = c_{pqr}.$$

Könnyen belátható az is, hogy a $\{\varphi_p\}$ rendszer teljességéből a $\{\psi_p(s)\}$ rendszer teljessége is következik. Beláttuk tehát, hogy

ha a $\|c_{pqr}\|$ *köbös matrixból alkotott* C_p *négyzetes matrixok eleget tesznek az* I.—III. *feltételeknek, akkor van az* $s \geqq 0$ *félegyenesen egy olyan* LEBESGUE—STIELTJES*-féle integrálfogalom és van olyan korlátos függvényekből álló* $\{\psi_p(s)\}$ *függvényrendszer, amely e mellett az integrálfogalom mellett teljes (s így a fortiori önmagában zárt) orthogonális rendszer és amelynek* $\|c_{pqr}\|$ *a szorzótáblázata. A szerkesztésből következik az is, hogy e függvények választhatók ugyanazzal a periodussal periodusos folytonos függvényeknek és hogy a* $\psi_p(s)$ *függvény a* p *indexen kívül lényegesen csak a* C_p *matrix korlátjaitól és sajátértékeitől függ.*

Ebben az eredményben benne foglaltatik az is, hogy az $\mathfrak{M}'$ absztrakt halmazon értelmezett bizonyos véges, vagy megszámlálhatóan végtelen sok függvénynek egy absztrakt mértéken alapuló integrálfogalom mellett önmagában zárt orthogonális rendszere mindig izomorf az $\mathfrak{M}$ intervallumon értelmezett bizonyos folytonos függvényeknek egy LEBESGUE—STIELTJES-féle integrálfogalom mellett teljes orthogonális rendszerével.[7]

---

[7] Összevetve ezt egy az izomorf teljes rendszerekre vonatkozó tétellel (lásd [1] alatt idézett dolgozat I. tétel), kapjuk a következőt: ha az $\mathfrak{M}'$ absztrakt halmazon létezik egy véges, vagy megszámlálhatóan végtelen sok függvényből álló teljes rendszer, akkor van az $\mathfrak{M}$ (véges vagy végtelenbe nyúló) intervallumon egy LEBESGUE—STIELTJES-féle mértékfogalom úgy, hogy $\mathfrak{M}$ és $\mathfrak{M}'$ mérhető halmazai közt egy olyan megfelelekezés létesíthető, amely 1) mértéktartó, 2) invariáns az elemi halmazműveletekkel (különbséghalmaz, egyesített halmaz, közös rész képezésével) szemben.

(A M. T. Akadémia III. osztályának 1936. okt. 12-én tartott üléséből.)

ÜBER DIE MULTIPLIKATIONSTABELLE EINES IN SICH ABGESCHLOSSENEN ORTHOGONALEN FUNKTIONENSYSTEMS.

Von BÉLA v. SZ. NAGY.

Es sei auf der Grundmenge $\mathfrak{M}$ ein Mass- und mittels dessen ein Integralbegriff eingeführt. Die auf $\mathfrak{M}$ definierten N, bzw. unendlich vielen beschränkten reellwertigen Funktionen $\psi_1, \psi_2, \psi_3, \ldots, \psi_p, \ldots$ sollen ein (normiert) orthogonales und in sich abgeschlossenes Funktionensystem inbezug auf diesen Integralbegriff bilden. (Für diese Begriffe siehe die vorige Arbeit des Verfassers, a. a. O.[1])

Die endliche, bzw. unendliche kubische Matrix $\|c_{pqr}\|$ mit den Elementen

$$c_{pqr} = \int_{\mathfrak{M}} \psi_p \psi_q \psi_r$$

heisst die Multiplikationstabelle des Funktionensystems $\{\psi_p\}$.

Die durch die Gleichungen $(C_p)_{qr} = c_{pqr}$ aus $\|c_{pqr}\|$ gewonnenen quadratischen Matrizen C_p ($p=1, 2, 3, \ldots, N$; bzw. $p=1, 2, 3, \ldots$) haben die folgenden Eigenschaften:

I. *Die C_p sind symmetrische, mit einander vertauschbare und (im* Hilbertschen *Sinne) beschränkte Matrizen;*

II. *Es gelten $(C_p)_{qr} = (C_q)_{pr}$ und $(C_p C_p)_{qr} = (C_q C_p)_{pr}$;*

III. *Die Matrizen C_p sind linear unabhängig, d. h. es gibt keine solche, nicht aus lauter Nullen bestehende Folge $x_1, x_2, x_3, \ldots, x_p, \ldots$ von N, bzw. unendlich vielen reellen Zahlen mit endlicher Quadratsumme, für welche die Gleichungen*

$$\sum_p x_p (C_p)_{qr} = 0$$

für jede q und r erfüllt wären.

Sind umgekehrt für die aus einer beliebig gegebenen reellen endlichen, oder unendlichen kubischen Matrix $\|c_{pqr}\|$ gebildeten quadratischen Matrizen C_p die obigen drei Bedingungen erfüllt, so gibt es auf einem Intervall definierte, reelle, beschränkte und stetige Funktionen, die inbezug auf einen LEBESGUE—STIELTJES-schen Integralbegriff ein vollständiges orthogonales Funktionensystem mit der Multiplikationstabelle $\|c_{pqr}\|$ bilden.

(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften vom 12. Oktober 1936.)

A PUSZTASZENTJAKABI TÓ ALGÁI.

PALIK PIROSKÁ-tól.

(A VII—IX. eredeti táblával.)

A pusztaszentjakabi tó Pest megyében, Mogyoród községtől keletre fekszik. Tulajdonképpen a Mogyoród melletti Bolnokahegy tövében eredő Ivácsi-patak kiszélesedése. Tengerfeletti magassága 204·5 m, területe 1800 négyszögöl. A víz mélysége az egyes pontokon változó. 40—180 cm, sőt olvadás után olykor 2 m-en felüli mélységet is mértek. Hőmérséklete nyáron 19—22 C° között váltakozik. Egyes helyeken a víz állandóan néhány fokkal magasabb hőmérsékletet mutat, mint a tó többi részén. Hydrogénion koncentráció (*pH*): a víz 8·2, a tófenék iszapja 7·8, a tóparti homok 8·4 (Dr. KÜHN-féle módszer szerint, kolorimetrikus méréssel; 1936. júl. 3-án). Egyik felét nádas veszi körül. A pusztaszentjakabi tavat mint említettem, az Ivácsi-patak táplálja, mely az általam régebben vizsgált veresegyházi tavon (Adatok a veresegyházi tó algaflórájához. Index horti botanici Budapestinensis. 41. 1934.) is keresztül folyik. Így a tó algavegatációjának megvizsgálása kapcsolatos a veresegyházi tó algáira vonatkozó vizsgálataimmal is. 1933. május havától kezdve 1934. okt.-ig tiz kirándulás alkalmával gyüjtött anyagban 64 fajt és varietast találtam. (A gyüjtések ideje és helye az egyes fajoknál van megemlítve.) A gyüjtött és a továbbiakban felsorolt fajok közül 20 közös a veresegyházi tóban találtakkal. Feltűnő, hogy míg az utóbbiban a *Desmidiaceae*hez tartozó fajok száma 17, addig a pusztaszentjakabi tóban csak 5 ilyen fajt találtam.

A GYÜJTÖTT FAJOK A KÖVETKEZŐK.

CYANOPHYCEAE.

Chroococcaceae.

1. **Microcystis marginata** (Menegh.) Kütz.

A sejtek kékeszöld színűek, pseudovakuolával bírnak, t. k. gömbalakúak 3·5 μ átmérővel, kocsonyás anyagtól körülvéve gömbölyű kolóniává egyesítvék. A kocsonyás gömb átmérője mintegy 98—100 μ. A vízben lebeg, helyenként tömegesen. VI. 16. (Tab. VII. Fig. 1.)

2. **Microcystis aeruginosa** Kütz.

A sejtek sárgás színűek, t. k. gömbalakúak, 3—4 μ átmérővel; pseudovakuolák vannak. Hálószerűen áttört, szabálytalan alakú kocsonyás alapanyagban foglalnak helyet. A víz felszínén úszik, helyenként tömegesen. IV. 11. (Tab. VII. Fig. 2.)

3. **Microcystis flos aquae** (Wittr.) Kirchn.

A sejtek sárgászöldes színűek, t. k. gömbalakúak, 4—5 μ átmérővel; pseudovakuolával. A kocsonyás alapanyagtól körülvett sejtekből álló, gömbölyded kolóniák szorosan egymás mellé csoportosulnak. A vízben lebeg, helyenként tömeges. V. 16. (Tab. VII. Fig. 3.)

4. **Chroococcus minutus** (Kütz.) Näg.

A sejtek kékeszöld színűek, t. k. gömbalakúak, mintegy 11 μ átmérőjüek. Egyenként, kettesével vagy négyesével fordulnak elő, színtelen, rétegzés nélküli, kocsonyás buroktól körülvéve. A vízben lebegve található. III. 27. (Tab. VII. Fig. 4.)

5. **Gomphosphaeria aponina** Kütz.

A sejtek kékeszöld színűek, tojásdadok, kb. 7 μ hosszúak és 4 μ szélesek. Többsejtű kolóniává csoportosulva, egy t. k. gömbölyded, színtelen kocsonyás alapanyagban foglalnak helyet. A vízben lebegve található. VIII. 15. (Tab. VII. Fig. 6.)

6. **Merismopedia tenuissima** LEMM.

A sejtek halvány kékeszöldek, hosszúkásak, 2 μ hosszúak, szorosan egymás mellé csoportosulva, sok sejtű, táblaalakú kolóniákban foglalnak helyet. Vízben lebegő szervezetek. IV. 16. (Tab. VII. Fig. 8.)

7. **Merismopedia glauca** (EHRENB.) NÄG.

A sejtek halvány kékeszöldes színűek, t. k. hosszúkásak, 3—4 μ hosszúak. Szorosan egymás mellé csoportosuló, 8—16 sejtű, táblaalakú kolóniákban foglalnak helyet. Vízben lebegő szervezetek. XI. 19. (Tab. VII. Fig. 7.)

8. **Dactylococcopsis rhaphidioides** HANSG.

A sejtek halványkék színűek, hosszú orsóalakúak, vagy félkör alakban görbültek. 1—2 μ szélesek, 25 μ hosszúak. Magánosan, a vízben lebeg. VIII. 16. (Tab. VII. Fig. 5.)

Nostocaceae.

9. **Anabaena delicatula** LEMM.

A vegetatív sejtek t. k. hosszúkásak, 5—6 μ hosszúak és 4 μ szélesek. Heterocystáik gömbölydedek, 4—5 μ átmérővel. A kitartó sejtek hengeresek, mintegy 18 μ hosszúak és 7—8 μ szélesek, a heterocystától távolabb foglalnak helyet. A sejtfonál egyenes, magánosan a vízben lebegve fordul elő. IX. 11. (Tab. VII. Fig. 9.)

Oscillatoriaceae.

10. **Spirulina maior** KÜTZ.

Halvány kékeszöld, szabályosan spiralisan csavart fonal, 2 μ széles, 150—400 μ hosszú. A csavarvonalak egymástól való távolsága 4 μ, a csavarvonal szélessége 3·6 μ. A vízben lebegve él, egyenként, más algák között. XI. 7. (Tab. VII. Fig. 22.)

11. **Oscillatoria Mougeotii** KÜTZ.

A sejtek kékeszöld színűek, 5 μ szélesek és 3—4 μ hosszúak. Pseudovakuolák vannak. A csúcssejt lekerekített. A sejtfonal egyenes, vagy kissé görbült, mintegy 5·5 μ széles, a keresztfalaknál nem

fűződik be, a vége felé nem vékonyodik el. Tömegesen fordul elő, a vízben lebegő, kékeszöld telepet alkotva. VI. 10. (Tab. VII. Fig. 13.)

12. **Oscillatoria limnetica** Lemm.

A sejtek halványkék színűek, hosszúkásak, 6—8 μ hosszúak, 1·5 μ szélesek. A csúcssejt lekerekített. A sejtfonal egyenes, vagy kissé görbült, a keresztfalaknál befűződött. Vízben lebeg, gyakori. IX. 20. (Tab. VII. Fig. 10.)

13. **Oscillatoria amphibia** Ag.

A sejtek kékeszöld színűek, 4—5 μ hosszúak és 3—4 μ szélesek, a válaszfalakon többnyire 2 szemecske. A csúcssejt lekerekített. A sejtfonal kissé görbült, a keresztfalaknál nincs befűződve. Telepe élénk kék színű. I. 30. (Tab. VII. Fig. 11.)

14. **Oscillatoria splendida** Grev.

A sejtek kékes színűek, hosszúkásak, 9 μ hosszúak és 3—4 μ szélesek. A csúcssejt fejecskében végződik. A sejtfonal egyenes vagy görbült, a keresztfalaknál nem fűződik be, csúcsa elvékonyodó, gyakran csavarszerűen görbült. Nagyobb tömegben él, élénk kékeszöld. A vizben lebeg. I. 24. (Tab. VII. Fig. 12.)

15. **Lyngbya holsatica** Lemm.

Magánosan előforduló, színtelen hüvellyel borított, 4 μ széles, szabályosan, spiralisan csavart sejtfonalak, igen lapos, tág hajlatokkal. A keresztfalaknál nincs befűződés, nem szemcsézett. A sejtfonal a csúcsán nem vékonyodik el. A sejt kékeszöld, 1·5—2 μ hosszú és 3 μ széles. (Abs. alkohollal kezelve a sejtek közötti válaszfalak jól láthatók.) A csúcssejt lekerekített. A vízben, más algák között lebegve, gyakori. IX. 20. (Tab. VII. Fig. 25.)

FLAGELLATAE.

Euochromonadaceae.

16. **Dinobryon sertularia** Ehrenb.

A sejtet körülvevő tok vázaalakú, szájnyílásánál kissé kiszélesedő, lefelé elkeskenyedő, az alapnál kevéssé kihegyezett;

32—40 μ hosszú, 10 μ széles. A kitartó sejt gömbölyded 11—12μ átmérőjű, mellső része nyakszerű nyulványt visel. Nyálkatokba van ágyazva, mely 14—15 μ hosszú. Vízben lebegő sejtek. Márc. 22-én gyüjtve, nagy tömegben volt; igen laza, néhány sejtű kolóniákat alkotott. (Tab. VII. Fig. 14., 15.)

Euglenaceae.

17. **Euglena intermedia** (Klebs) Schmitz.

A sejt hengeres, 110—120 μ hosszú, 10—11 μ széles, végén kissé kihegyzett. Mozgás közben alakját változtatja (metabolikus). *Piros szemfolt* jól látható. Számos korongalakú chloroplasta, pyrenoida hiányzik. Pálcikaalakú paramylon szemecskék vannak a sejtmag közelében. Sejtfal finoman, spiralisan csíkolt. Planktonban gyüjtve. IX. 24. (Tab. VIII. Fig. 36.)

18. **Phacus caudata** Hübner.

A sejt kissé csavarodott, élénk zöld, 44 μ hosszú és 22—24 μ széles. Végén rövid, egyenes nyulvánnyal. A háti barázda a testen végig húzódik. Sejtfal csíkolt, 2 paramylon szemecske. Planktonban, I. 25-én gyüjtve. (Tab. VII. Fig. 16.)

19. **Phacus pleuronectes** (O. F. M.) Duj. var. **minima nov. var.**

A sejt kissé csavarodott, széles tojásdad, élénkzöld, 36—38 μ hosszú, 25 μ széles. Végén rövid, ferde nyulvánnyal. *Szemfolt jól látható.* A háti barázda a sejt közepéig húzódik. Sejtfal csikolt. Egy gömbalakú paramylon szemecske. Planktonban gyüjtve. IV. 15. (Tab. VII. Fig. 17.)

A varietas csak méreteiben tér el. A tipus 45—49 μ hosszú és 30—33 μ széles. Klebs talált egy hasonló méretű alakot, de az színtelen volt. (Unters. aus d. bot. Inst. zu Tübingen Bd. I. 312.) *Cellula* 36—38 μ *longa*, 25 μ *lata. A typo solum magnitudine differt.*

20. **Phacus pyrum** (Ehrenb.) Stein.

A sejt tojásdad, élénkzöld, 30 μ hosszú, 13 μ széles; végén hosszú, egyenes nyulvánnyal. *A piros szemfolt jól látható.* Sejtfal spiralisan csíkolt. Több apró paramylon szemecske. Planktonban gyüjtve. IX. 5. (Tab. VII. Fig. 24.)

21. **Trachelomonas intermedia** Dang.

A sejtet egy többé-kevésbbé gömbalakú, finoman pontozott tok veszi körül, mely 16—20 μ hosszú és 13—16 μ széles. A csilangó kb. kétszer olyan hosszú mint a sejt; eredési helyénél gyűrűalakú vastagodás látható. 3—4 korongalakú, barnás színű chromatophora. Planktonban gyüjtve, olykor tömeges. III. 26. (Tab. VII. Fig. 19.)

22. **Trachelomonas hispida** (Perty) Stein.

A sejtet egy tojásdad, rövid, tömötten álló tüskékkel borított tok veszi körül, mely 20 μ hosszú, 16 μ széles. A csillangó kb. kétszer olyan hosszú mint a sejt. Több apró, sárgásbarnás színű chromatophora. Planktonban gyüjtve. III. 27. (Tab. VII. Fig. 20.)

CONJUGATAE.

Desmidiaceae.

23. **Closterium gracile** Bréb.

A sejt hosszú, majdnem egyenes, a két végén kissé görbült, 130—140 μ hosszú, a középen 5·4—6·5 μ, a csúcsokon 2·5—3 μ széles. A csúcsok tompák. Chromatophora kissé hullámos szélű, 6—8, egy sorban elhelyezett pyrenoidával. Sejtfal síma. A csúcsvakuolában egyetlen mozgó szemecske. A planktonban elég bőségesen. XI. 17. (Tab. VIII. Fig. 26.)

24. **Cosmarium sexangulare** Lund. forma **minima** Nordst.

A sejtfél elliptikus, hatszögletű, csúcsai tompán lekerekítettek. A középső bemetszés mély. Isthmus kb. 3 μ. A sejt 14·5 μ hosszú és 11 μ széles. Sejtfal igen finoman pontozott. Planktonban gyüjtve. XI. 19. (Tab. VIII. Fig. 27.)

25. **Staurastrum polymorphum** Bréb.

A sejtfél elliptikus, vagy tojásdad. A sejt 25 μ széles, 24 μ hosszú; csúcsokba kihúzott. A középső bemetszés majdnem derékszögű, kifelé szélesedő. Isthmus 7 μ. A sejt felülnézetben három sugaru. A nyulványok 3—4 kis csúcsocskában végződnek. Planktonban gyüjtve. I. 25. (Tab. VIII. Fig. 28., 29.)

26. **Staurastrum crenulatum** (NÄG.) DELP.

Sejtfél széles elliptikus, felül kissé convex; különböző hosszú nyulványokkal, melyek széle fogazott. A sejt 30 μ hosszú és 35 μ széles. A középső bemetszés majdnem derékszögű, Isthmus 8 μ. Felülnézetben a sejt 3 sugarú. Planktonban gyüjtve. IV. 17. (Tab. VIII. Fig. 31.)

27. **Staurastrum paradoxum** MEYEN.

Sejtfél csészealakú, fent kissé convex; t. k. diagonalisan elhelyezett nyulványokkal. A nyulványok széle fogacskázott, csúcsukon 3—4 töviske. A sejt 36—40 μ hosszú és 27 μ széles. Isthmus 8 μ. Felülnézetben 3—4 sugarú. Planktonban gyüjtve. V. 26. (Tab. VIII. Fig. 30.)

CHLOROPHYCEAE.

Characiaceae.

28. **Characium strictum** A. BRAUN.

A sejt keskeny elliptikus, egyenes, csúcsa lekerekített. Alapján rövid nyelecske, melynek töve kissé kiszélesedően megvastagodott. A sejt 22 μ hosszú és 5—6 μ széles. Fonalas algákon, magasabbrendű vízinövényeken él. IX. 5. (Tab. VII. Fig. 23.)

29. **Characium obtusum** A. BRAUN.

A sejt széles tojásdad, egyenes; lekerekített csúcsán befelé nyúló, dugószerű képlettel. Alapján, kissé vastag — t. k. rövid nyelecskével. Egy pyrenoida. A sejt 23—30 μ hosszú, 14—17 μ széles. Vízinövényeken. VIII. 14. (Tab. IX. Fig. 51, 52.)

Hydrodictyaceae.

30. **Pediastrum simplex** (MEYEN p. p.). LEMM.

A sejtek tömött, zárt coenobiumot alkotnak, mely kb. 50 μ átmérőjű. 1+7. A középső sejt sokszögletes. A periferián levők egymással t. k. összenőttek. Az összenőtt rész háromszög vagy rapézalakú. A szélső sejtek átmérője 12—14 μ, rajtuk egyetlen nyulvány van, mely 9—10 μ hosszú. Sejtfal síma. Planktonban gyüjtve, helyenként tömeges. V. 16. (Tab. VIII. Fig. 47.)

31. **Pediastrum simplex** (MEYEN p. p.) LEMM.
var. **granulatum** LEMM.

Az előzőtől abban tér el, hogy a sejtfal pontozott. 1+7. Planktonban gyüjtve, helyenként tömegesen. V. 16. (Tab. VIII. Fig. 44.)

32. **Pediastrum duplex** MEYEN.

A sejtek áttört, 16—32 sejtű, nagy sejtközötti üregekkel bíró coenobiumokat alkotnak. (1+5+10, 1+6+11+14.) A középső sejtek minden oldalon behorpadók. A periferián levő sejtek csak az alapjuknál nőttek össze, kétkarélyúak. A karélyok tompavégű nyulványban folytatódnak. Sejtátmérő 14—16 μ. Coenobium 60—100 μ. Planktonban gyüjtve, időnként bőven. VII. IX. (Tab. VIII. Fig. 39.)

33. **Pediastrum Boryanum** (TURP.) MENEGH.

A sejtek zárt, 8—64 sejtű coenobiumokat alkotnak. 1+5+10, 5+11+16. A középső sejtek sokszögletesek, a szélsők mélyen kétkarélyúak. A nyulványok tompák vagy hegyesek. A sejtfal pontozott. Sejtátmérő 25—28 μ. Planktonban gyüjtve, helyenként és időnként tömegesen. V. 15. (Tab. VIII. Fig. 42.)

(A Pediastrum-fajokon, főleg a *P. Boryanumon* a sejtek közötti karminpiros szín, az ú. n. *erythropectin* gyakran jól látható. Egyes esetekben találtam olyan példányokat, hol *a piros szín élénk sötétkék színre változott.* Ugyanekkor a szomszédos coenobiumok sejtjei között még karminpiros szín volt.)

34. **Pediastrum Boryanum** (TURP.) MENEGH. var. **longicorne** REINSCH.

A sejtek 16—32 sejtű coenobiumokat alkotnak. 1+5+10. A szélső sejtek kétkarélyúak, mely karélyok hosszú nyulványban folytatódnak. Sejtátmérő 25—28 μ, nyulvány 14—16 μ. Sejtfal vagy síma *forma glabra,* BRUNNTH. (in PASCH. Süsswasserfl. H. 5. 101., 1915.) vagy bibircses *forma granulata.* BRUNNTH. (in PASCH. Süsswasserfl. H. 5. 101., 1915.) Mindkettő együtt. Planktonban gyüjtve. V. 17. (Tab. VIII. Fig. 40.)

35. **Pediastrum tetras** (EHRENB.) RALFS.

A sejtek 4—16 sejtű, zárt coenobiumokat alkotnak. 5+11. A középső sejtek sokszögletesek, a periferián levők oldalt össze-

nőttek, kétkarélyúak. A bemetszés keskeny, kb. a sejt közepéig terjed. A karélyok letompítottak vagy két csúcsúak. Sejtátmérő 14—15 μ. Planktonban gyüjtve. VIII. 5. (Tab. VII. Fig. 18.)

Chlorellaceae.

36. **Golenkinia radiata** Chodat.

A sejt gömbölyű, 12—14 μ átmérőjű, felületén, 30—35 μ hosszú, tüstékekkel borított. Többnyire magánosan, néha kolóniákban. Planktonban gyüjtve, időnként tömeges. V. 16. (Tab. IX. Fig. 55.. 56.)

Oocystaceae.

37. **Bohlinia echidna** (Bohlin) Lemm.

A sejt tojásdad, 9 μ hosszú, 4·5 μ széles, felületén tüskékkel borított. A tüskék lefelé megvastagodottak. 2 chromatophora. Osztódás után az anyasejtben keletkezett négy sejt egy ideig gyakran együtt marad. Planktonban gyüjtve; ritka. IX. 20. (Tab. IX. Fig. 54.)

38. **Tetraëdron muticum** (A. Braun) Hansg.

A sejt háromszögalakú; oldalai behajlók, a csúcsok lekerekítettek. Sejtátmérő 22 μ. Sejtfal síma. Planktonban gyüjtve. XI. 8. (Tab. VIII. Fig. 32.)

39. **Tetraëdron trigonum** (Naeg.) Hansg. var. **papilliferum** (Schroed.) Lemm.

A sejt három- vagy négyszögalakú, oldalai többé-kevésbbé behajlók. Lekerekített csúcsain 1—1 szemölcsszerű képlet. Sejtátmérő 12—16 μ. Sejtfal pontozott. Planktonban gyüjtve. VI. 8. (Tab. IX. Fig. 53.)

40. **Tetraëdron caudatum** (Corda) Hansg.

A sejt ötszögletes, oldalai kikanyarítottak, a lekerekített csúcsokon egy-egy kb. 3 μ hosszú tüske. Sejtátmérő 12 μ. Sejtfal síma. Planktonban gyüjtve. I. 25. (Tab. VII. Fig. 21.)

EGYETEMI KÖNYVTÁR FOLYÓIRATOK SZEGED

41. **Tetraëdron lobatum** (NAEG.) HANSG.

A sejt négyszögletes, oldalai behajlók, csúcsa kétkarélyú. A karélyok tompák, két-két csúcsocskával. Sejtátmérő 21—25 μ. Sejtfal síma. Planktonban gyüjtve. IX. 22. (Tab. IX. Fig. 50.)

42. **Tetraëdron limneticum** BORGE.

A sejt tetraëderalakú, csúcsai hosszú nyulványba folytatódnak. A nyulványok kétágúak, minden ágon 2—2 rövid csúcsocskával. Sejtátmérő 26—30 μ. Sejtfal síma. Planktonban gyüjtve. IX. 22. (Tab. IX. Fig. 49.)

Scenedesmaceae.

43. **Scenedesmus obliquus** (TURP.) KÜTZ.

A sejtek orsóalakúak, mindkét végük kihegyezett, 11—12 μ hosszúak és 3—4 μ szélesek; négy-nyolc sejtű coenobiumokat alkotnak. Sejtfal síma. Planktonban gyüjtve. VI. 9. (Tab. VIII. Fig. 34.)

44. **Scenedesmus acuminatus** (LAGERH.) CHODAT.

A sejtek t. k. sarlóalakúak, hosszan kihegyezettek, 29—30 μ hosszúak, 5 μ szélesek, többnyire négysejtű coenobiumokat alkotnak. Planktonban gyüjtve. III. 23. (Tab. VIII. Fig. 35.)

45. **Scenedesmus quadricauda** (TURP.) BRÉB. α. **typicus** BRUNNTH.

A sejtek hosszúkásak, 20—22 μ hosszúak, 6—10 μ szélesek, csúcsuk lekerekített. A szélső sejtek a csúcsukon, vagy gyakran középen is hosszú, tüskeszerű nyulványt viselnek. 2—8 sejtű coenobiumokat alkotnak. Planktonban gyüjtve, igen nagy tömegben. III. 10. V. 15. (Tab. VIII. Fig. 38.)

46. **Scenedesmus quadricauda** (TURP.) BRÉB. δ. **abundans** KIRCHN.

A csúcson levő tüskeszerű nyulványokon kívül, a sejtek közepén több nyulványt találunk. A coenobiumok mindég 2 sejtűek voltak. A sejt 11 μ hosszú és 4 μ széles. I. 29. (Tab. VIII. Fig. 33.)

47. **Scenedesmus quadricauda** (TURP.) BRÉB.
ε. **Naegelii** (BRÉB.) RABENH.

A sejtek t. k. körtealakúak, váltakozva állók, 22 μ hosszúak és 10 μ szélesek. I. 25. (Tab. VIII. Fig. 37.)

48. **Scenedesmus bijugatus** (Turp.) Kütz.

A sejtek elliptikusak, néha majdnem kerekdedek, 7·5 μ hosszúak és 4·5 μ szélesek; többnyire nyolcsejtű coenobiumokat alkotnak. A coenobium lehet egy- vagy kétsoros. Planktonban gyüjtve, helyenként tömeges. IX. 11. (Tab. IX. Fig. 69.)

49. **Actinastrum Hantzschii** Lagerh.

A sejtek t. k. hengeralakúak, végük lekerekített, 24—25 μ hosszúak és 5 μ szélesek. A coenobium tagjai gyakran különválva, magánosan fordulnak elő. VI. 9. (Tab. VIII. Fig. 43.)

50. **Actinastrum Hantzschii** Lagerh. var. **fluviatile** Schröder.

A sejtek 10—11 μ hosszúak és 3 μ szélesek, két végük kihegyezett, gyakran színtelen. Többnyire négysejtű coenobiumokat alkotnak. A chromatophorában egyetlen pyrenoida. Planktonban gyüjtve VI. 6. (Tab. VIII. Fig. 41.)

51. **Kirchneriella lunaris** (Kirchn.) Moeb.

A sejtek félholdalakúak, csúcsuk kissé kihegyezett, 10—11 μ hosszúak és 5 μ szélesek. Többnyire négysejtű kolóniákat alkotnak, melyet egy kocsonyás burok vesz körül. Planktonban gyüjtve. IX. 24. (Tab. IX. Fig. 64.)

52. **Kirchneriella obesa** (W. West) Schmidle, var. **pygmaea** W. et G. S. West.

A sejtek 9—10 μ hosszúak és 2 μ szélesek, majdnem háromnegyed köralakúak. Többnyire négysejtű kolóniákat alkotnak. A kolóniákat kerek kocsonyás burok veszi körül. Planktonban gyüjtve. XI. 14. (Tab. VIII. Fig. 46.)

53. **Kirchneriella gracillima** Bohlin.

A sejtek szálasak, gyakran spiralisan csavarodottak, 8 μ hosszúak és 1·3—1·5 μ szélesek, csúcsuk lekerekített. Nyolcsejtű kolóniákat alkotnak. Planktonban gyüjtve. IX. 11. (Tab. IX. Fig. 58.)

54. **Selenastrum Bibraianum** Reinsch.

A sejtek félholdalakúak, csúcsuk kihegyezett, 16—18 μ hosszúak és 5 μ szélesek. 4—8—16 sejtű kolóniákat alkotnak, a sejtek a convex oldalukkal egymáson foglalnak helyet. Planktonban gyüjtve. IV. 14. (Tab. IX. Fig. 67.)

55. **Ankistrodesmus falcatus** (Corda) Ralfs var. **acicularis** (A. Braun) G. S. West

A sejtek orsó- vagy majdnem tűalakúak, a csúcs felé elkeskenyedők, 42—50—60 μ hosszúak és 2—3 μ szélesek, többnyire egyenesek, magánosan fordulnak elő. A sejtfal igen vékony. Planktonban gyüjtve. VI. 9. (Tab. VIII. Fig. 48.)

56. **Ankistrodesmus falcatus** (Corda) Ralfs var. **radiatus** (Chodat) Lemm.

A sejtek orsóalakúak, csúcsuk felé elkeskenyedők, 54 μ hosszúak, 4 μ szélesek, görbültek. Csillagalakúan elrendezett csoportokat alkotnak. Planktonban gyüjtve. Tömegesen található. IX. 24. (Tab. IX. Fig. 59.)

57. **Ankistrodesmus convolutus** Corda.

A sejtek erősen görbültek, csúcsuk kihegyezett; 22 μ hosszúak és 3 μ szélesek. Többnyire egyenként fordulnak elő. Planktonban gyüjtve. IX. 11. (Tab. IX. Fig. 66.)

58. **Ankistrodesmus setigerus** (Schröd.) G. S. West.

A sejtek hosszukás orsóalakúak, a csúcsokon 1—1 serteszerű nyulvánnyal; 85—94 μ hosszúak és 4—4·5 μ szélesek. A nyulvány 26 μ hosszú. Egyenként találhatók. Planktonban gyüjtve. V. 23. (Tab. IX. Fig. 60.)

Coelastraceae.

59. **Coelastrum microporum** Naeg.

A sejtek gömbölyűek, vagy kifelé tojásdadalakúan kihegyezettek, oldalt kissé benyomottak. Sejtátmérő 7—7·5—9 μ. Soksejtű, gömbalakú coenobiumokat alkotnak; a sejteket kocsonyás

nyulványok kapcsolják össze. A sejtek közötti üregek kisebbek, mint maga a sejt. Egyenként. Planktonban gyüjtve. IV. 10., V. 17., VIII. 4. (Tab. VIII. Fig. 45.)

60. **Coelastrum cambricum** Archer var. **intermedium** (Bohlin) G. S. West.

A sejtek felülnézetben 10—12 szögletesek, egy-egy kocsonyás, poláris megvastagodással. Sejtátmérő 11—12 μ. Többsejtű, egyenként előforduló coenobiumok. Planktonban gyüjtve. IV. 12. (Tab. IX. Fig. 62., 63.)

61. **Elakakothrix gelatinosa** Wille.

A sejtek orsóalakúak, mindkét csúcsuk elkeskenyedő, 16—19 μ hosszúak és 4 μ szélesek. A chromatophorában egyetlen nagy pyrenoida. Kettéosztódással szaporodnak; a leánysejtek osztódás után veszik fel typikus alakjukat. A kifejlődött sejtek hosszabb-rövidebb ideig egy közös kocsonyás burokkal körülvéve egymás mellett maradnak. Kétsejtű kolóniákat találtam. Planktonban gyüjtve. IX. 11. (Tab. IX. Fig. 57.)

Rendszertanilag bizonytalan helyzetű.

Ulothrichaceae.

62. **Uronema confervicolum** Lagerh.

Többsejtű, el nem ágazó, odarögzített, egyenes vagy görbült fonalak. A csúcs és az alapsejt a többi sejttől eltérő alakú, vagy eltérő méretű. A csúcssejt t. k. hosszú csúcsba kihúzott, 24—25 μ hosszú. Az alapsejt, a sejtfonal odarögzítésére szolgáló, barnás színű tapadó testet választ ki. Az alapsejt hossza 22—24 μ. A sejt 16—20 μ hosszú és 4·5 μ széles. Vizinövényeken. IX. 11. (Tab. IX. Fig. 61.)

63. **Hormidium flaccidum** A. Braun.

Többsejtű, hosszú fonalak. A sejt 10 μ széles és 15—20 μ hosszú. A chromatophorában, mely a függőlegesen álló sejtfalat csak félig borítja, többnyire egyetlen nagy pyrenoida. A sejtfonalak széthullása által történik gyakran a szaporodás. A szétváló fonalrészletek csúcsai legömbölyödnek. A vízben lebegve, néhol tömeges. V. 4., VIII. 6. (Tab. IX. Fig. 65.)

HETEROCONTAE.

Sciadiaceae.

64. **Ophiocytium capitatum** WOLLE. **f. brevispina** LEMM.

A sejt félköralakúan görbült, a két végén két *rövid* tüskeszerű nyulvánnyal. 21 μ hosszú, 4 μ széles. Planktonban gyüjtve. IV. 16. (Tab. IX. Fig. 68.)

Irodalom — Literatur.

DE BARY, A.: Untersuchungen über die Familie der Conjugaten. 1858.

BORGE, O. et PASCHER, A.: Zygnemales. Pascher Süsswasserflora. H. 9. 1913.

BRAUN, A.: Betrachtungen über die Erscheinung der Verjüngung in der Natur. 1851.

BRAUN, A.: Algarum unicellularium genera nova et minus cognita. 1855.

CHODAT, R.: Algues vertes de la Suisse. 1902. Beitr. zur Kryptogamenfl. der Schweiz. Bd. I. H. 3.

COMÈRE, J.: Les Desmidiées de France. 1901.

DELPONTE, J. B.: Specimen Desmidiacearum subalpinarum. 1877

DONAT, A.: Zur Kenntnis der Desmidiaceen des norddeutschen Flachlandes. Kolkwitz: Pflanzenforschung. H. 5. 1926.

FRITSCH, F. E.: The structure and reproduction of the algae. 1935.

GEITLER, L. et PASCHER, A.: Cyanophyceae. Pascher: Süsswasserflora. H. 12. 1925.

GEITLER, L.: Cyanophyceae. Rabenhorst's Kryptogamen-Flora. XIV. B. 1930—1932.

HANSGIRG, A.: Prodromus der Algenflora von Böhmen. I. 1886

HEERING, W.: Chlorophyceae. Pascher: Süsswasserflora. H. 6 1914, H. 7. 1921.

KIRCHNER, O.: Die mikroskopische Pflanzenwelt des Süsswassers. 1891.

KLEBS, G.: Die Bedingungen der Fortpflanzung bei einigen Algen und Pilzen. 1896.

KRIEGER, W.: Die Desmidiaceen. Rabenhorst's Krypt. Flora. B. XIII. Abt. 1. Lief. 1. 1933.

KÜTZING, F. T.: Algarum aquae dulcis germanicarum. 1833.

KÜTZING, F. T.: Phycologica germanica, d. i. Deutschlands Algen. 1845.

KÜTZING, F. T.: Tabulae phycologicae oder Abbildungen der Tange. 1845—1849.

KÜTZING, F. T.: Species algarum. 1849.

LEMMERMANN, E.: Algen I. Kryptogamenflora der Mark Brandenburg. B. III. 1910.

LEMMERMANN, E., BRUNNTHALER, J. et PASCHER, A.: Chlorophyceae. Pascher: Süsswasserflora. H. 5. 1915.

LINDAU, G. et MELCHIOR, H.: Die Algen. Kryptogamenflora für Anfänger. Bd. 4, 2. 1930.

MIGULA, W.: Die Desmidiazeen. Handb. f. d. praktische naturwissenschaftliche Arbeit. B. VI. 1911.

MOESZ, G.: Brassó állóvizeinek mikroskopikus növényzete. 1902.

MOESZ G.: Brassó vidékének levegőn és folyóvízben élő moszatjai. Különlenyomat a brassói áll. főreálisk. XIX. értesítőjéből. 1904.

NÄGELI, C.: Die neueren Algensysteme. 1847.

NÄGELI, C.: Gattungen einzelliger Algen. 1849.

NORDSTEDT, O.: Index Desmidiacearum. 1896. Supplementum. 1908.

OLTMANNS, FR.: Morphologie und Biologie der Algen. II. Auflage. B. I., II. 1922, B. III. 1923.

PALIK P.: *Hydrodictyon*-tanulmányok. Magy. Tud. Akad. Math. Termtud. Ért. XLV. 28. 1928.

PALIK P.: Adatok a veresegyházi tó algaflórájához. Index horti botanici Budapestinensis. 41. 1934.

PASCHER, A.: Flagellatae 1. Süsswasserflora. H. 1. 1914.

PASCHER, A. et LEMMERMANN, E.: Flagellatae 2. Pascher: Süsswasserflora. H. 2. 1913.

PASCHER, A., SCHILLER, J. et MIGULA, W.: Heterokontae. Rhodophyta . . . PASCHER: Süsswasserflora. H. 11. 1925.

PILGER, R.: Die Algen. Kryptogamenflora für Anfänger. Bd. 4. 3. 1916.

RABENHORST, L.: Flora Europaea algarum aquae dulcis et submarinae. 1864.

RACIBORSKI, M.: Desmidiaceae novae. 1889.

SCHAARSCHMIDT, GY.: Tanulmányok a Magyarhoni Desmidiaceákról. Math. Termtud. Közl. XVIII. 259. 1882.

DE TONI, B. J.: Sylloge algarum. Vol. I. 1886.

VAUCHER, Y. P.: Histoire des Conferves d'eau douce. 1803.

WEST, W. et WEST, G. S.: On some Desmids of the United States. The Yournal of the Linnean Society, XXXIII. 279. 1897—1898.

WEST, W.: A monograph of the British Desmidiaceae. Vol. I. 1904, Vol. II. 1905, Vol. III. 1908, Vol. IV. 1912.

WOLLE, F.: Fresh-water algae of the United States. 1887.

WOLLE, F.: Desmids of the United States and list of American Pediastrums. 1892.

A táblák magyarázata. — Erklärung der Tafel.

Taf. VII. Tábla.

1. *Microcystis marginata* (Menegh.) Kütz. 270: 1.
2. *Microcystis aeruginosa* Kütz. 375: 1.
3. *Microcystis flos aquae* (Wittr.) Kirchn. 900: 1.
4. *Chroococcus minutus* (Kütz.) Näg. 750: 1.
5. *Dactylococcopsis rhaphidioides* Hansg. 1000: 1.
6. *Gomphosphaeria aponina* Kütz. 825: 1.
7. *Merismopedia glauca* (Ehrenb.) Näg. 1000: 1.
8. *Merismopedia tenuissima* Lemm. 1000: 1.
9. *Anabaena delicatula* Lemm. 750: 1.
10. *Oscillatoria limnetica* Lemm. 750: 1.
11. *Oscillatoria amphibia* Ag. 900: 1.
12. *Oscillatoria splendida* Grev. 780: 1.
13. *Oscillatoria Mougeottii* Kütz. 750: 1.
14. *Dinobryon sertularia* Ehrenberg. 750: 1.
15. *Dinobryon sertularia* Ehrenberg. Kitartó sejt. 750: 1.
16. *Phacus caudata* Hübner. 600: 1.
17. *Phacus pleuronectes* (O. F. M.) Duj. var. *minima*, nov. var. 760: 1.
18. *Pediastrum tetras* (Ehrenberg) Ralfs. 600: 1.
19. *Trachelomonas intermedia* Dang. 675: 1.
20. *Trachelomonas hispida* (Perty) Stein. 675: 1.
21. *Tetraëdron caudatum* (Corda) Hansg. 750: 1.
22. *Spirulina maior* Kütz. 800: 1.
23. *Characium strictum* A. Br. 800: 1.
24. *Phacus pyrum* (Ehrenbg.) Stein. 750: 1.
25. *Lyngbya holsatica* Lemm. 950: 1.

Taf. VIII. Tábla.

26. *Closterium gracile* Bréb. 750: 1.
27. *Cosmarium sexangulare* Lund f. *minima* Nordst. 1500: 1.
28. *Staurastrum polymorphum* Bréb., oldalnézet. 960: 1.
29. *Staurastrum polymorphum* Bréb., felülnézet. 1000: 1.
30. *Staurastrum paradoxum* Meyen, oldalnézet. 1000: 1.
31. *Staurastrum crenulatum* (Näg.) Delp., felülnézet, az alsó sejtfél három nyulványa is jól látható. 900: 1.
32. *Tetraëdron muticum* (A. Br.) Hansg. 750: 1.
33. *Scenedesmus quadricauda* (Turp.) Bréb. δ *abundans* Kirchn. 960: 1.
34. *Scenedesmus obliquus* (Turp.) Kütz. 1800: 1.
35. *Scenedesmus acuminatus* (Lagerh.) Chodat. 900: 1.
36. *Euglena intermedia* (Klebs) Schmitz. 750: 1.
37. *Scenedesmus quadricauda* (Turp.) Bréb. ε. Naegelii. 750: 1.

38. *Scenedesmus quadricauda* (Turp.) Bréb. *α typicus* Brunnt. 750: 1.
39. *Pediastrum duplex* Meyen. 750: 1.
40. *Pediastrum Boryanum* (Turp.) Menegh. var. *longicorne* Reinsch. 350: 1.
41. *Actinastrum Hantzschii* Lagerh. var. *fluviatile* Schröd. 1700: 1.
42. *Pediastrum Boryanum* (Turp.) Menegh. 400: 1.
43. *Actinastrum Hantzschii* Lagerh. 750: 1.
44. *Pediastrum simplex* (Meyen) Lemm. var. *granulatum* Lemm. 450: 1
45. *Coelastrum microporum* Naeg. 750: 1.
46. *Kirchneriella obesa* (W. West) Schmidle. 750: 1.
47. *Pediastrum simplex* (Meyen) Lemm. 450: 1.
48. *Ankistrodesmus falcatus* (Corda) Ralfs, var. *acicularis* (A. Br.) G. S. West. 750: 1.

Taf. IX. Tábla.

49. *Tetraëdron limneticum* Borge. 750: 1.
50. *Tetraëdron lobatum* (Naeg.) Hansg. 750: 1.
51. *Characium obtusum* A. Br. 650: 1.
52. *Characium obtusum* A. Br. 650: 1.
53. *Tetraëdron trigonum* (A. Br.) Hansg. var. *papilliferum* (Schröd. Lemm. 960: 1.
54. *Bohlinia echidna* (Bohlin), Lemm. 750: 1.
55. *Golenkinia radiata* Chodat. 540: 1.
56. *Golenkinia radiata* Chodat, az anyasejt négy leánysejtre osztódott 540: 1.
57. *Elakakothrix gelatinosa* Wille, osztódás után a két leánysejt együtt maradt. 750: 1.
58. *Kirchneriella gracillima* Bohlin. 800: 1.
59. *Ankistrodesmus falcatus* (Corda) Ralfs, var. *radiatus* (Chodat), Lemm. 750: 1.
60. *Ankistrodesmus setigerus* (Schröd.) G. S. West. 600: 1.
61. *Uronema confervicolum* Lagerh. 450: 1.
62. *Coelastrum cambricum* Arch. var. *intermedium* (Bohlin), G. S. West 450: 1.
63. *Coelastrum cambricum* Arch. var. *intermedium* (Bohlin) G. S. West, egy sejt, melyen a kocsonyás vastagodás látható. 450: 1.
64. *Kirchneriella lunaris* (Kirch.) Moebius. 750: 1.
65. *Hormidium flaccidum* A. Br., ketté vált fonalrészlet. 450: 1.
66. *Ankistrodesmus convolutus* Corda. 750: 1.
67. *Selenastrum Bibraianum* Reinsch. 750: 1.
68. *Ophiocytium capitatum* Wolle, f. *brevispina* Lemm. 1000: 1.
69. *Scenedesmus bijugatus* (Turp.) Kütz. 700: 1.

(A M. T. Akadémia III. osztályának 1936. nov. 18-án tartott üléséből.)

DIE ALGEN DES PUSZTASZENTJAKABER TEICHES.

Von P. PALIK.

(Tafel VII—IX, mit 69 Abbildungen.)

Der Pusztaszentjakaber Teich liegt im Comitat Pest, von dem Dorf Mogyoród östlich. Dieser Teich ist eigentlich eine Ausbreitung des Ivácser Baches, welcher im Bolnoka Berg neben Mogyoród entspringt. Seehöhe beträgt 204·5 m. Die Fläche cca. 7000 m^2. Die Tiefe des Wassers ist verschieden: von 40 bis 180 cm. Im Frühling, nach dem Tau, erreicht die Wassertiefe sogar mehr als 2 Meter. Die Temperatur des Wassers schwankt im Sommer zwischen 19° C und 22° C. Es sind Stellen, in welchen die Temperatur um einige Grade höher ist.

Die bezüglichen Reaktionszahlen habe ich nach der KÜHN' schen kolorimetrischen Methode bestimmt und es ergaben sich die Folgenden: im Wasser 8·2, im Schlamm des Teichgrundes 7·8, im Ufersand aber 8·4.

Durch den Pusztaszentjakaber Teich fliesst, wie ich schon erwähnte, der Ivácser Bach, welcher den von mir schon früher untersuchten Veresegyházer Teich ebenfalls durchfliesst. (S. Beitr. z. Kennt. d. Algenflora d. Veresegyházer See's. Ind. Hort. Bot. Budap. 1934.) Somit steht die Untersuchung der Algen dieses Teiches, mit meinen, sich auf dem Veresegyházer Teich beziehenden Untersuchungen in enger Zusammenhang.

Ich habe von Mai 1933 bis Okt. 1934 den Teich zehnmahl besucht und in dem Gesammelten Untersuchungsmaterial 64 Arten und Varietäten gefunden. (In der Beschreibung der Arten ist die Zeitpunkt des Sammelns überall angegeben.) Unter den auf-

gezählten Arten befinden sich 20 solche, welche den beiden Teichen eigen sind. Es ist auffallend jedoch, dass während im Veresegyházer Teich 17 Arten der Desmidiaceen vorkamen, in dem Pusztaszentjakaber Teich sich bloss 5 solche Arten vorfinden liessen.

Die gesammelten 64 Arten und Varietäten sind im ungarischen Text systematisch aufgezählt. Die Grösse der Zellen ist überall angegeben. Die wichtigeren Merkmale aber der einzelnen Arten sind in den 69 Figuren der Tafel VII—IX wiedergegeben.

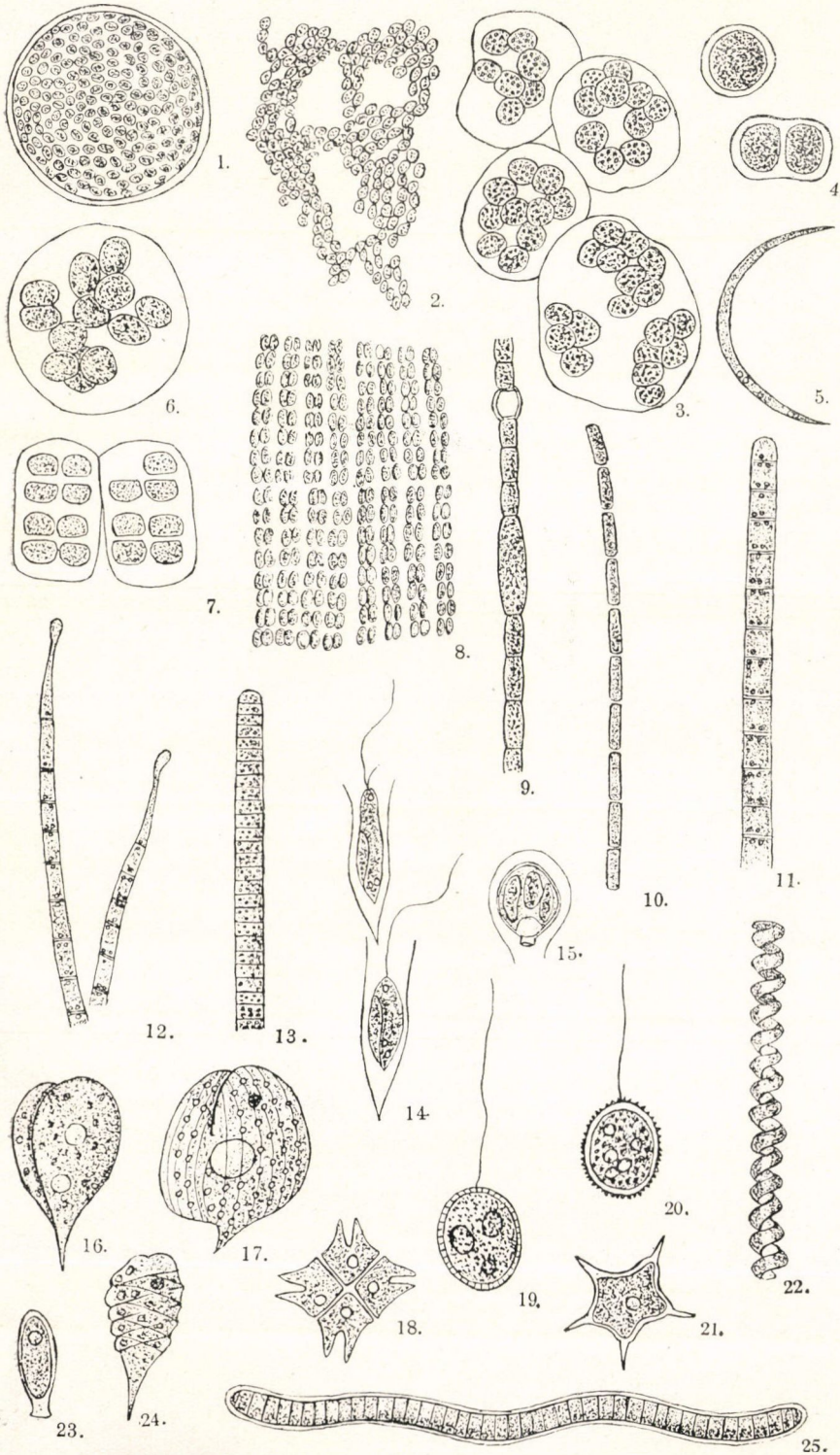
Als eine neue Varietät ist *Phacus pleuronectes (O. F. M.)* DUJ. *var. minima* PALIK zu nennen, welche durch ihre geringe Grösse (36—38 $\mu \times 25\ \mu$) verschieden ist. Schon KLEBS fand eine ähnliche Form (Unters. aus d. bot. Inst. zu Tübingen B. I. 312), welche aber, im Gegensatz zu unserem grünen Varietät, durch hyaline Zellen ausgezeichnet ist. KLEBS liess diese kleinere Varietät unbenannt.

Es sei hier bemerkt, dass bei den *Pediastrum*-Arten, besonders aber bei *P. Boryanum* (TURP.) MENEGH. zwischen den Wandungen benachbarter Zellen die karminrothe Färbung «*Erythropectin*» (s. PALIK: *Hydrodictyon*-Studien. Magy. Tud. Akad. Math. Termtud. Ért. XLV. 28. 1928) sich sehr oft wahrnehmen liess. In einigen Fällen wandelte sich dieses «Erythropectin» in eine *lebhaft dunkelblaue* Färbung um. Gleichzeitig aber konnte man zwischen den Zellen benachbarter Coenobien noch die karminrote Farbe warnehmen.

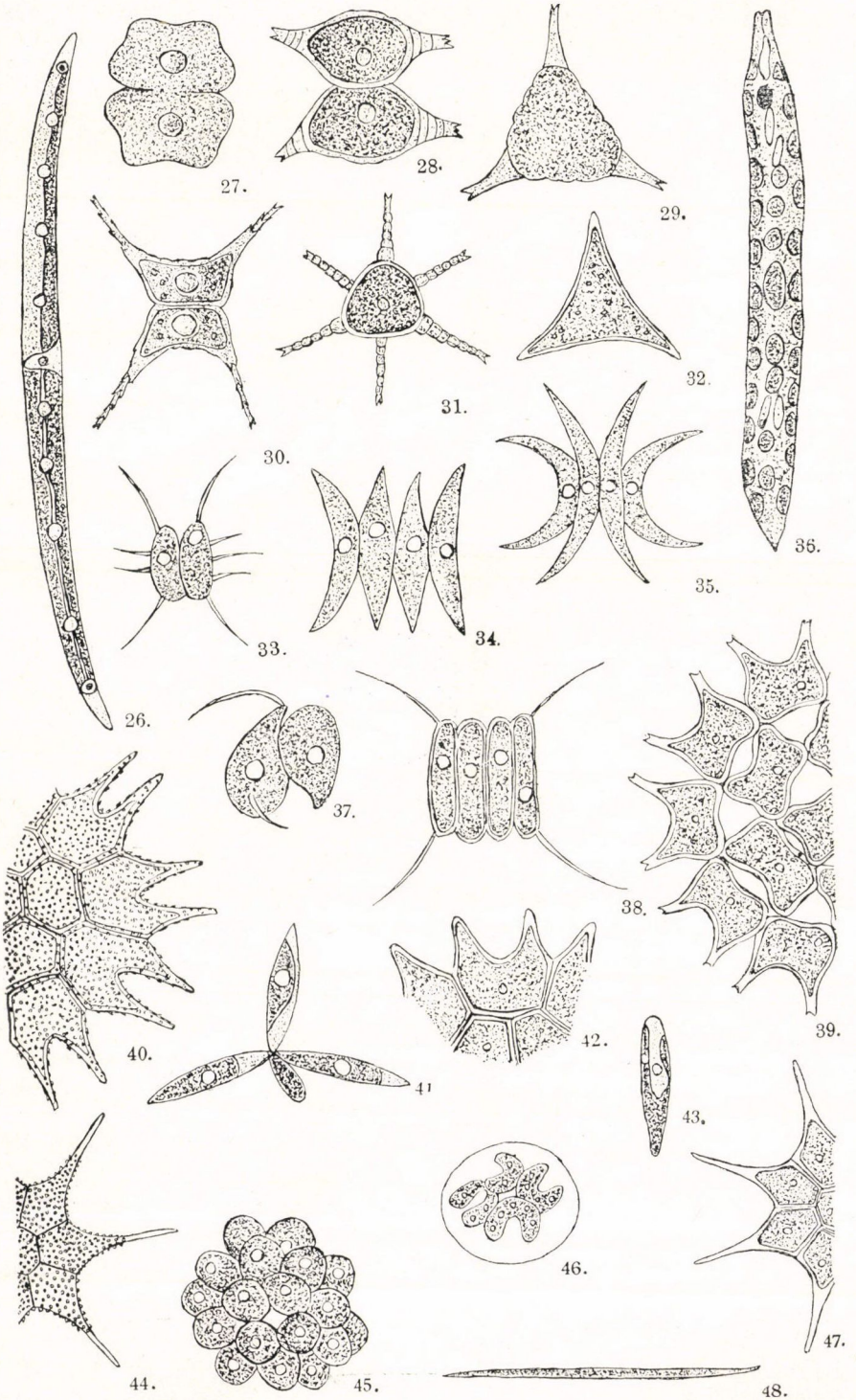
(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften vom 18. November 1936.)

EGYETEMI KÖNYVTÁR FOLYÓIRATOK

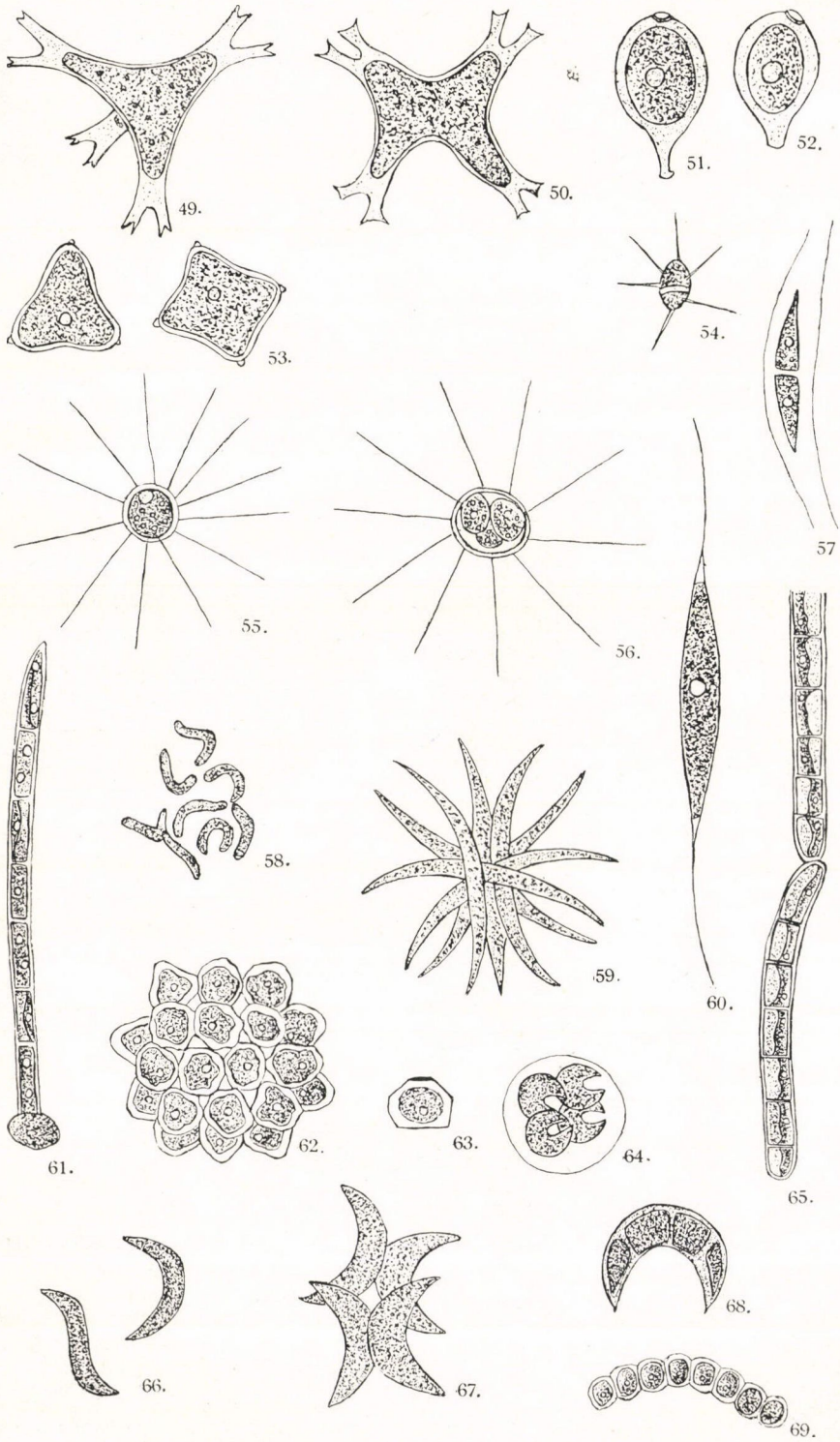
Palik Piroska:
A Pusztaszentjakabi tó algái.



Palik Piroska:
A Pusztaszentjakabi tó algái.



Palik Piroska:
A Pusztaszentjakabi tó algái.



INHALTSVERZEICHNIS.

	Seite
Barnóthy, J. und Forró, M.: Meteorologisch-magnetische Einflüsse auf die Ultrastrahlungsintensität	538—539
Császár, E.: Die Energiemessung der Röntgenstrahlung	370—372
Filarszky, F.: Bestimmungen einiger exotischen Characeen	496—497
Forró, M. siehe Barnóthy, J.	
Gombás, P.: Über einen näherungsweisen Zusammenhang der potentiellen und kinetischen Energieänderung bei der Wechselwirkung atomarer Systeme	513—524
Gombás, P.: Berechnung der Konstanten des festen Kryptons	510—511
Konek, F.: Über die Jodmethylate von Hydrocinchonin oder Cinchotin	475
Konek, F.: Beiträge zur Chemie des Sparteins	465
Mauthner, F.: Untersuchungen über die Tetroxybenzole	447—448
Nagy, A. v. Sz.: Über die Multiplikationstabelle eines in sich abgeschlossenen orthogonalen Funktionensystems	590—591
Nagy, J. v. Sz.: Mehrzügige Kurven im mehrdimensionalen Raume	549
Nagy, J. v. Sz.: Über Kurven vom Maximalindex in mehrdimensionalen Räumen	571—573
Neugebauer, T.: Über die Ionendeformation im Wurtzitgitter	403—409
Neugebauer, T.: Über die van der Waals-schen Kräfte	429—431
Palik, P.: Die Algen des Pusztaszentjakaber Teiches	609—610
Rados, G.: Ein Beitrag zur Theorie der binomischen Kongruenzen	319
Rados, G.: Über die primitiven Wurzeln zusammengesetzter Zahlen im Gauss-schen Zahlkörper	341
Zemplén, G.: Über die Verseifung acetylierten Kohlenhydrate	440
M. Zemplén, J.: Über den Zeeman-Effekt der Bandenlinien der athmosphärischen Säuerstoffbanden	400

FRANKLIN-TÁRSULAT NYOMDÁJA. — ÁBRAI V.

1607

MATEMATIKAI
ÉS
TERMÉSZETTUDOMÁNYI
ÉRTESITŐ

A M. TUD. AKADÉMIA III. OSZTÁLYÁNAK FOLYÓIRATA

SZERKESZTI MAURITZ BÉLA OSZTÁLYTITKÁR.

LV. KÖTET. — HARMADIK (UTOLSÓ) RÉSZ.

1937 JUN - 2

MATHEMATISCHER
UND
NATURWISSENSCHAFTLICHER
ANZEIGER

DER UNGARISCHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

REDIGIERT VON B. MAURITZ KLASSENSEKRETÄR.

BAND LV. — DRITTER (LETZTER) TEIL.

BUDAPEST.

KIADJA A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA.

1937.

EGY PRÍMIDEÁL-MODULUSRA VONATKOZÓ NUMERIKUS KONGRUENCIÁRÓL.

RADOS GUSZTÁV r. tagtól.

A Matematikai és Fizikai Lapok 43. évfolyamának f. é. december hónapban megjelent füzetében a 115—119. l. közzétett dolgozatomban a következő tételeket bizonyítottam be:

Ha p páratlan törzsszámot jelent, akkor az

$$x^{p-1}+2x^{p-3}+\cdots+(p-k-1)x^k+\cdots+(p-2)x+p-1\equiv 0 \pmod p$$

kongruenciának

$$x\equiv 1 \pmod p$$

az egyetlen gyöke és ennek multiplicitása pontosan $(p-2)$*-vel egyenlő.*

Ebből kifolyóan következett a második tétel:

A

$$C=\begin{vmatrix} 1 & 2\ldots p-2 & p-1 \\ 2 & 3\ldots p-1 & 1 \\ \cdot & \cdots\cdot & \cdot \\ p-1 & 1\ldots p-3 & p-2 \end{vmatrix}$$

ciklikus determinánsnak ranyszáma (mod p) *pontosan* $(p-2)$*-vel egyenlő.*

Ezek a tételek a tárgyalás csekély módosításával a következőképen általánosíthatók.

Legyen T tetszésszerinti algebrai számtest és ebben p *f-edfokú prímideál, úgyhogy* p *normája*

$$N(\mathfrak{p})=p^f,$$

ahol p racionális törzsszám, akkor az

$$f(x) \equiv x^{p^f-2} + 2x^{p^f-3} + \cdots + (p^f-k-1)x^p + \cdots + \\ + (p^f-2)x + p^f - 1 \equiv 0 \pmod{p}$$

kongruenciának ismét

$$x \equiv 1 \pmod{p}$$

az egyetlen gyöke és ennek multiplicitása (p^f-2)*-vel egyenlő.*

Második tétel:

A

$$I' = \begin{vmatrix} 1 & 2 \ldots p^f-2 & p^f-1 \\ 2 & 3 \ldots p^f-1 & 1 \\ \cdot & \cdot \ldots \cdot & \cdot \\ p^f-1 & 1 \ldots p^f-3 & p^f-2 \end{vmatrix}$$

determináns ranyszáma (mod p) *pontosan* (p^f-2)*-vel egyenlő.*

A tárgyalás folytonosságának érdekében egy rövid fejezetben néhány binomiális együtthatókra vonatkozó tételt és prímideálmodulusra vonatkoztatott kongruenciák különböző gyökeinek számát szolgáltató tételt óhajtok bemutatni.

I. FÖLHASZNÁLANDÓ SEGÉDTÉTELEK.

1. Binomiális együtthatókról.

1. Elsőnek ideiktatom a következő ismeretes és teljes indukcióval könnyen bebizonyítható egyenlőséget

$$\binom{k}{k} + \binom{k+1}{k} + \cdots + \binom{n}{k} = \binom{n+1}{k+1}, \qquad (B_1)$$

amelyben k és n pozitív egész számok.

Ismeretes továbbá, hogyha p racionális törzsszám, hogy akkor

$$\binom{p}{k} \equiv 0 \pmod{p},$$
$$(k=1, 2, \ldots, p-1)$$

azaz, hogy $\binom{p}{k}$ osztható p-vel.

Ez a tétel a következőképpen általánosítható:

2. *Ha p törzsszám és f nem negatív egész szám, akkor*

$$\binom{p^f}{k} \equiv 0 \pmod{p}, \qquad (B_2)$$
$$(k=1, 2, \ldots, p^f-1)$$

azaz $\binom{p^f}{k}$ osztható p-vel.

Ennek bebizonyítása céljából írjuk ki a $\binom{p^f}{k}$ binomiális együtthatót részletesen

$$\binom{p^f}{k} = \frac{p^f}{k}\,\frac{p^f-1}{1}\cdot\frac{p^f-2}{2}\cdots\frac{p^f-a}{a}\cdots\frac{p^f-k+1}{k-1} =$$

$$= \frac{p^f}{k}\prod_{a=1}^{k-1}\frac{p^f-a}{a}.$$

Ha

$$a = a'p^{e_a},\ (a', p) = 1,\ e_a \geqq 0$$

és

$$k = k'p^{e_k},\ (k', p) = 1,\ 0 \leqq e_k < f \text{ (mert } k<p^f),$$

akkor

$$\frac{p^f-a}{a} = \frac{p^{f-e_a}-a'}{a'} \equiv -1 \pmod{p}$$

és

$$\frac{p^f}{k} = \frac{p^{f-e_k}}{k'},$$

ahol

$$f - e_k > 0.$$

Tehát

$$\binom{p^f}{k} \equiv p^{f-e_k}\frac{1}{k'}\prod_{a=1}^{k-1}(-1) \equiv p^{f-e_k}\frac{(-1)^{k-1}}{k'} \pmod{p}$$

ahol

$$(k', p) = 1;$$

mivel a $\binom{p^f}{k}$ binomiális együttható egész szám, innen következik:

$$(-1)^{k-1}\binom{p^f}{k}k' \equiv p^{f-e_k} \equiv 0 \pmod{p}$$

és mivel

$$k' \not\equiv 0 \pmod{p},$$

innen következik, hogy

$$\binom{p^f}{k} \equiv 0 \pmod{p}.$$

2. Prímideál-modulusra vonatkoztatott kongruenciák gyökeinek száma.

Legyen $\mathfrak{p}$ az n-edfokú T számtestnek f-edfokú prímideálja, úgyhogy

$$N(\mathfrak{p}) = p^f$$

és

$$F'(x) \equiv A_0 x^m + A_1 x^{m-1} + \cdots + A_m \equiv 0 \pmod{\mathfrak{p}}$$

tetszésszerinti egész együtthatós kongruencia. Ha $x \equiv 0 \pmod{\mathfrak{p}}$ e kongruenciát kielégítené, akkor ez a gyök könnyen eltávolítható, úgy feltehetjük, hogy

$$F(0) \not\equiv 0 \pmod{\mathfrak{p}}.$$

Ily módon e kongruencia gyökei, ha ilyenek vannak, mindannyian a $\mathfrak{p}$-hez relatív törzsszámok. Ezekre pedig fennáll FERMAT kongruenciája

$$x^{p^f-1} \equiv 1 \pmod{\mathfrak{p}}.$$

Ha $F(x)$-et $(x^{p^f-1}-1)$-gyel elosztjuk, úgyhogy az

$$F(x) = (x^{p^f-1}-1)\,Q(x) + f(x) \qquad (J)$$

egyenlőségben $Q(x)$ az osztás hányadosa és p^{f-1}-nél alacsonyabb fokú $f(x)$ az osztás maradéka, akkor a

$$F(x) \equiv 0 \pmod{\mathfrak{p}} \qquad (K)$$

és

$$f(x) \equiv 0 \pmod{\mathfrak{p}} \qquad (k)$$

kongruenciák gyökei megegyezők. Ha ugyanis α a (K)-nak gyöke, akkor a (J) identitásból következik, hogy

$$0 = (\alpha^{p^f-1})\,Q(\alpha) + f(\alpha) \equiv f(\alpha),$$

tehát α a (k)-nak is gyöke. Ha pedig β a (k)-nak gyöke, akkor az (J) alatti identitásból következik, hogy

$$F(\beta) = (\beta^{p^f-1}-1)\,Q(\beta) + f(\beta) \equiv 0 \pmod{\mathfrak{p}},$$

tehát β a (K) alatti kongruenciának is gyöke.

A tárgyalás általánosságának megszorítása nélkül tehát föltehetjük, hogy a megoldandó kongruencia az

$$f(x) \equiv a_0 x^{pf-2} + a_1 x^{pf-3} + \cdots + a_{pf-2} \equiv 0 \pmod{p} \qquad (k)$$

alakban van adva és hogy ebben

$$a_{pf-2} \not\equiv 0 \pmod{p}.$$

Erről a kongruenciáról a következő alapvető tétel bizonyítható be:

3. *Arra, hogy a* (k) *alatti kongruenciának* σ *számú* mod p *különböző gyöke legyen,* szükséges és elegendő, hogy a

$$C = \begin{vmatrix} a_0 & a_1 \ldots a_{pf-3} & a_{pf-2} \\ a_1 & a_2 \ldots a_{pf-2} & a_0 \\ \cdot & \cdot \ldots \cdot & \cdot \\ a_{pf-2} & a_0 \ldots a'_{pf-4} & a_{pf-3} \end{vmatrix}$$

ciklikus determináns rangszáma (mod p), ha ezt ϱ-val jelöljük

$$\varrho = p^f - 1 - \sigma$$

legyen. E tétel bebizonyítása csekély módosítással hasonlóan végezhető, amint az 1883-ban a jelen Értesítő 1. kötetében a 296. lapon és később a Journal für die reine und angewandte Mathematik 99. kötet 258. l. megjelent értekezéseimben racionális számtestre vonatkozóan történt.

Mindenek előtt kimutatom, hogy a C determinánsnak (mod p)-re való eltűnése a (k) alatti kongruencia megoldhatóságának szükséges és elegendő feltétele.

Ha

$$x \equiv \xi \pmod{p}$$

a (k) alatti kongruenciának gyöke, akkor, mivel ξ a p-hez relatív prím, FERMAT tételénél fogva ξ kielégíti a

$$\xi^{r(pf-1)+s} \equiv \xi^s \pmod{p}$$

kongruenciákat r és s bármilyen pozitív egész értéke mellett, úgyhogy ξ-nek minden a (p^f-2)-iknél magasabb hatványa kifejezhető (p^f-1)-nél alacsonyabb hatványával. Ezt figyelembe véve, felírhatjuk a következő kongruenciákat:

$$\begin{aligned} f(\xi) &\equiv a_0\ \xi^{pf-2}+a_1\xi^{pf-3}+\cdots+a_{pf-3}\xi+a_{pf-2} \equiv 0 \\ \xi f(\xi) &\equiv a_1\ \xi^{pf-2}+a_2\xi^{pf-3}+\cdots+a_{pf-2}\xi+a_0 \quad \equiv 0 \\ &\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \\ \xi^{pf-2}f(\xi) &\equiv a_{pf-2}\xi^{pf-2}+a_0\xi^{pf-3}+\cdots+a_{pf-4}\xi+a_{pf-3} \equiv 0 \end{aligned} \pmod{\mathfrak{p}},$$

amiből következik, hogy az

$$\begin{aligned} a_0 z_{pf-2} + a_1 z_{pf-3} + \cdots + a_{pf-2} z_0 &\equiv 0 \\ a_1 z_{pf-2} + a_2 z_{pf-c} + \cdots + a_0 \quad z_1 &\equiv 0 \\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots & \\ a_{pf-2} z_0 + a_c z_{pf-3} + \cdots + a_{pf-3} z_0 &\equiv 0 \end{aligned} \pmod{\mathfrak{p}} \qquad (H)$$

homogén lineár kongruenciarendszernek van nemtriviális megoldása, mégpedig

$$z_0 \equiv \xi^{pf-2},\ z_1 \equiv \xi^{pf-3}, \ldots,\ z_0 \equiv 1 \pmod{\mathfrak{p}};$$

ennek következtében e homogén lineár kongruenciarendszernek determinánsa, amely a C ciklikus determinánssal azonos (mod $\mathfrak{p}$) zérussal kongruens, azaz

$$C \equiv 0 \pmod{\mathfrak{p}},$$

amivel ki van mutatva, hogy a C cyklikus determinánsnak eltűnése (mod $\mathfrak{p}$) a (k) alatti kongruencia megoldhatóságának szükséges feltétele.

Hogy ez a megoldhatóságnak egyszersmind elegendő feltétele is ki fog derülni abból, hogy bebizonyítjuk a (k) alatti kongruenciának legalább *egy* gyöke van, valahányszor

$$C \equiv 0 \pmod{\mathfrak{p}}.$$

Az

$$\begin{aligned} f(x) &\equiv a_0\ x^{pf-2}+a_1x^{pf-3}+\cdots+a_{pf-3}x+a_{pf-2} \\ xf(x) &\equiv a_1\ x^{pf-2}+a_2x^{pf-3}+\cdots+a_{pf-2}x+a_0 \\ &\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \\ x^{pf-2}f(x) &\equiv a_{pf-2}x^{pf-2}+a_0x^{pf-3}+\cdots+a_{pf-4}x+a^{pf-3} \end{aligned} \pmod{\mathfrak{p}} \quad (K_1)$$

kongruenciák fennállnak minden x értékre, mely a $\mathfrak{p}$-hez képest relatív prím, tehát a $\mathfrak{p}$ redukált maradéksorának minden számára nézve.

Minthogy feltettük, hogy a C determináns (mod $\mathfrak{p}$) zérussal

kongruens és ez a determináns egyszersmind a (H) alatti homogén lineár kongruenciarendszernek determinánsa, ennek a rendszernek van nemtriviális megoldása, azaz olyan, amelyben nem minden ismeretlen értéke osztható p-vel. Legyen egy ilyen

$$z_{pf-2} \equiv \lambda_0,\ z_{pf-3} \equiv \lambda_1, \ldots,\ z_0 \equiv \lambda_{pf-2} \pmod{p}.$$

Ha a (K_1) alatti kongruenciákat rendre a

$$\lambda_0,\ \lambda_1, \ldots,\ \lambda_{pf-2} \qquad (L)$$

számokkal szorozzuk és összeadjuk és figyelemmel vagyunk arra, hogy a (L) alatti számok a (H) alatti kongruenciákat kielégítik, a következő reláció adódik:

$$(\lambda_0+\lambda_1 x+\cdots+\lambda_{pf-2}x^{pf-2})f(x) \equiv 0 \pmod{p}, \qquad (K_2)$$

amely a p redukált maradéksorának minden számára fennáll. Ha most a bebizonyítandó tétellel ellentétben azt tennők föl, hogy noha

$$C \equiv 0 \pmod{p}$$

az

$$f(x) \equiv 0 \pmod{p}$$

kongruenciának nincsen gyöke, akkor a (K_2) alatti relációnál fogva a

$$\lambda_0+\lambda_1 x+\cdots+\lambda_{pf-2}x^{pf-2} \equiv 0 \pmod{p}$$

kongruenciának, amelynek nem minden együtthatója kongruens zérussal (mod p), p^f-1 számú, tehát fokszámánál nagyobb számú gyöke volna, ez pedig lehetetlen és így kell, hogy a p redukált maradéksorának legalább egy száma kielégítse az

$$f(x) \equiv 0 \pmod{p} \qquad (k)$$

kongruenciát, amivel feltételünk elegendő volta is ki van mutatva.

Attérve a 3. alatt fogalmazott tételnek bebizonyítására tegyük fel, hogy a (k) alatti kongruenciának σ számú különböző gyöke van és hogy a p redukált maradéksorának az

$$a_1,\ a_2, \ldots,\ a_\sigma, \ldots a_{pf-1} \qquad (M)$$

számai közül az

$$a_1,\ a_2, \ldots,\ a_\sigma$$

számok elégítik ki a (k) alatti kongruenciát. Az

$$\begin{aligned} f(a_g) &\equiv a_0\, a_g^{pf-2} + a_1 a_g^{pf-3} + \cdots + a_{pf-2} \equiv 0 \\ a_g f(a_g) &\equiv a_1\, a_g^{pf-2} + a_2 a_g^{pf-3} + \cdots + a_0 \equiv 0 \\ &\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \\ a_g^{pf-2} f(a_g) &\equiv a_{pf-2} a_g^{pf-2} + a_0 a_g^{pf-3} + \cdots + a_{pf-3} \equiv 0 \end{aligned} \pmod{\mathfrak{p}}$$

$(g = 1, 2, \ldots, \sigma)$

kongruenciák mutatják, hogy az

$$\begin{aligned} &a_1^{pf-2},\ a_1^{pf-3}, \ldots,\ a_1,\ 1 \\ &a_2^{pf-2},\ a_2^{pf-3}, \ldots,\ a_2,\ 1 \\ &\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \\ &a_\sigma^{pf-2},\ a_\sigma^{pf-2}, \ldots,\ a_\sigma,\ 1 \end{aligned} \qquad (E)$$

értékrendszerek a (H) alatti homogén lineár kongruenciarendszernek σ számú megoldását szolgáltatják és minthogy az (E) alatti értékrendszerekből alakított matrixnak

$$V_\sigma = \begin{vmatrix} a_1^{\sigma-1} & a_1^{\sigma-2} & \ldots & 1 \\ a_2^{\sigma-1} & a_2^{\sigma-1} & \ldots & 1 \\ \cdot & \cdot & \ldots & \cdot \\ a_\sigma^{\sigma-1} & a_\sigma^{\sigma-1} & \ldots & 1 \end{vmatrix}$$

σ-edfokú determinánsa, az egymással (mod $\mathfrak{p}$) inkongruens

$$a_1, a_2, \ldots, a_\sigma$$

számokból alakított VANDERMONDE-féle determinánsa, (mod $\mathfrak{p}$) a zérustól különböző, az (E) alatti értékrendszerek (mod $\mathfrak{p}$) σ számú lineárisan független megoldásai a (H) homogén lineár kongruenciarendszernek. Ezzel ki van mutatva, hogyha a (k) alatti kongruenciának σ számú különböző gyöke van, akkor a (H) alatti homogén lineár kongruenciarendszernek legalább σ számú (mod $\mathfrak{p}$) lineárisan független megoldása van, de akkor ismeretes tételnél fogva e rendszer determinánsának, a C ciklikus determinánsnak, rangszáma ϱ-ra nézve fennáll a következő egyenlőtlenség:

$$\varrho \leqq p^f - 1 - \sigma. \qquad (e_1)$$

Ha sikerülne a

$$\varrho \geqq p^f - 1 - \sigma \qquad (e_2)$$

egyenlőtlenség helyességét is kimutatni, akkor ezzel a 3. alatti tétel be volna bizonyítva. Ez a következő megfontolások alapján tényleg sikerül. Mindenekelőtt megjegyezzük, hogy ha $\sigma = 0$, akkor

$$\varrho = p^f - 1,$$

mert, amint kimutattuk, a C cyklikus determinánsnak eltűnése (mod $\mathfrak{p}$) a (k) alatti kongruencia megoldhatóságának elegendő feltétele. Fordítva is áll, hogy ha $\varrho = p^f - 1$, hogy akkor $\sigma = 0$.

Mi most már bebizonyítottnak tesszük föl, hogy a (k) alatti kongruenciának legalább $p^f - 1 - \varrho$ számú különböző gyöke van, ha C (mod $\mathfrak{p}$) ϱ-adrangú és ki fogjuk mutatni, hogy abban az esetben, midőn C rangszáma $\varrho - 1$ a (k) különböző gyökeinek száma legalább $p^f - \sigma$, tehát legalább 1-gyel nagyobb.

Az (e_2) alatti egyenlőtlenség helyességét teljes indukcióval fogjuk kimutatni. Már bebizonyítottnak tesszük föl, hogy a (k) kongruenciának van $p^f - 1 - \sigma$ számú gyöke, midőn C-nek összes $(\varrho+1)$-edfokú minorai (mod $\mathfrak{p}$) zérussal egyenlők és ki fogjuk mutatni $(\varrho-1)$-edrangú C esetében a gyökök száma legalább 1-gyel nagyobb, tehát legalább $(p^f - \varrho)$-val egyenlő.

Ha C rangszáma $\varrho - 1$, akkor C-nek összes ϱ-adfokú és ezekkel együtt összes $(\varrho+1)$-edfokú minorai (mod $\mathfrak{p}$) zérussal kongruensek. De akkor a föltevésünk szerint a (k) alatti kongruenciának $p^f - 1 - \varrho$ számú gyöke van. Legyenek ezek a M redukált maradéksornak következő számai:

$$a_{\varrho+1},\ a_{\varrho+2},\ \ldots,\ a_{pf-1},$$

a maradéksor hátralévő számai legyenek

$$a_1,\ a_2,\ \ldots,\ a_\varrho. \qquad (M')$$

Ki fogjuk mutatni, hogy az (M') alatti számok között legalább 1 kielégíti a (k) alatti kongruenciát. Erre elegendő annak a kimutatása, hogy a

$$P = f(a_1 f(a_2) \ldots f(a_\varrho)$$

szorzat (mod $\mathfrak{p}$) zérussal kongruens. A

$$\Gamma_\varrho = \begin{vmatrix} 1 & a_1 & \ldots & a_1^{\varrho-1} \\ 1 & a_2 & \ldots & a_2^{\varrho-2} \\ \cdot & \cdot & \ldots & \cdot \\ 1 & a_\varrho & \ldots & a_\varrho^{\varrho-1} \end{vmatrix}$$

VANDERMOND-féle determináns mint az a zérustól különböző

$$a_i - a_k \quad (i, k=1, 2, \ldots, \varrho;\ i>k)$$

különbségek szorzata maga is (mod p) a zérustól különböző. A $V_\varrho P$ szorzat így írható

$$V_\varrho P = \begin{vmatrix} f(a_1)\, a_1 f(a_1) \ldots a_1^{\varrho-1} f(a_1) \\ f(a_2)\, a_2 f(a_2) \ldots a_2^{\varrho-1} f(a_2) \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ f(a_\varrho)\, a_\varrho f(a_\varrho) \ldots a_\varrho^{\varrho-1} f(a_\varrho) \end{vmatrix}.$$

Ha e determináns elemeiben kijelölt szorzásokat a FERMAT tételéből folyó

$$a^{s(pf-1)+t} \equiv a^t \pmod{p}$$

relaciók figyelembe vételével elvégezzük, akkor $V_\varrho P$ a következő alakot ölti

$$V_\varrho P \equiv$$

$$\equiv \begin{vmatrix} \sum_{g=0}^{pf-2} a_g a_1^{pf-2-g} & \sum_{g=0}^{pf-2} a_{g+1} a_1^{pf-2-g} & \ldots & \sum_{g=0}^{pf-2} a_{g+\varrho-1} a_1^{pf-2-g} \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots & \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots & \ldots & \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ \sum_{g=0}^{pf-2} a_g a_\varrho^{pf-1-g} & \sum_{g=0}^{pf-2} a_{g+2} a_\varrho^{pf-2-g} & \ldots & \sum_{g=0}^{pf-2} a_{g+\varrho-1} a_\varrho^{pf-2-g} \end{vmatrix} \pmod{p}.$$

Ez a determináns a CAUCHY–BINET-féle tétel szerint a

$$c = \begin{Vmatrix} a_0 & a_1 \ldots a_{\varrho+1} \\ a_1 & a_2 \ldots a_0 \\ \ldots & \ldots\ldots \\ a_{\varrho+1} & a_\varrho \ldots a_{\varrho-2} \end{Vmatrix}$$

és a

$$d = \begin{Vmatrix} 1 & a_1 \ldots a_1^{pf-2} \\ 1 & a_2 \ldots a_2^{pf-2} \\ \ldots & \ldots\ldots \\ 1 & a_\varrho \ldots a_\varrho^{pf-2} \end{Vmatrix}$$

matrixok megfelelő ϱ-adfokú determinánsainak szorzatösszegével egyenlő és mivel a c matrix ϱ-adfokú determinánsai a C determinánsnak ϱ-adfokú minorai, ezek pedig föltevésünknél fogva mindannyian (mod p) zérussal kongruensek, azért

$$V_\varrho P \equiv 0 \pmod{\mathfrak{p}}$$

és mivel

$$V_\varrho \not\equiv 0 \pmod{\mathfrak{p}}$$

végül következik, hogy

$$P \equiv 0 \pmod{\mathfrak{p}},$$

azaz a M' számok között legalább *egy* elégíti ki a (k) alatti kongruenciát, és így gyökeinek száma legalább $p^f - \varrho$. Mivel pedig a $\varrho = p^f - 1$ és $\varrho = p^f - 2$ esetekben a tétel helyes, helyes lesz az összes számba jöhető rangszámok esetére is.

A talált eredmény így fejezhető ki:

Az $f(x) \equiv 0 \pmod{\mathfrak{p}}$ kongruencia különböző gyökeinek száma σ ϱ-adrangú C esetében legalább $p^f - 1 - \varrho$-val egyenlő, azaz fennáll ez az egyenlőtlenség

$$\sigma \geqq p^f - 1 - \varrho$$

ahonnan végül a

$$\varrho \geqq p^f - 1 - \sigma \qquad (e_2)$$

egyenlőtlenség következik, mely az (e_1) alatti egyenlőtlenséggel együtt a

$$\varrho = p^f - 1 - \sigma$$

egyenlőségre vezet. KRONECKER-nek egy érdekes észrevétele a C cyklikus determináns rangszámának meghatározását tetemesen megegyszerűsíti. Ő ugyanis kimutatta, hogy a C rangszáma ϱ-val egyenlő, ha a ϱ-adfokú főminorai a legmagasabb fokúak, amelyek között (mod $\mathfrak{p}$) a zérustól különböző is előfordul es ezek egyikének összes $(\varrho+1)$-edfokú superdeterminánsai zérussal kongruensek.

II. A FŐTÉTEL BEBIZONYÍTÁSA.

Mindenekelőtt könnyen kimutatható, hogy

$$x \equiv 1 \pmod{\mathfrak{p}}$$

az

$$f(x) \equiv x^{p^f-2} + 2x^{p^f-3} + \cdots + (p^f-2)x + p^f - 1 \equiv 0 \pmod{\mathfrak{p}}$$

kongruenciának gyöke. Ugyanis

$$f(1) \equiv 1 + 2 + 3 + \cdots + p^f - 1 = \binom{p^f}{2}$$

és mivel az I. fejezet 2. tételénél fogva

$$\binom{p^f}{2} \equiv 0 \pmod{p}$$

és a $\mathfrak{p}$ prímideál a p racionális törzsszámnak osztója, azért

$$f(1) \equiv \binom{p^f}{2} \equiv 0 \bmod \mathfrak{p}).$$

Ha sikerül annak a kimutatása, hogy az $x \equiv 1 \pmod{\mathfrak{p}}$ gyöknek multiplicitása az $f(x)$ fokszámával megegyező, akkor ebből önként következik, hogy $x \equiv 1 \pmod{\mathfrak{p}}$ a kongruenciánknak egyetlen gyöke. E gyök multiplicitásának meghatározása végett képezzük az $f(x)$ egymásután következő differenciálhányadosait. Az 1. differenciálhányados

$$f'(x) = (p^f-2)x^{p^f-3} + (p^f-3).2x^{p^f-4} + \cdots + 1.(p^f-2);$$

ha ennek minden együtthatójában az első tényezőből a $(\bmod \mathfrak{p})$ zérussal kongruens p^f számot levonjuk és $\frac{-1}{2!}$ szorzunk, $f'(x)$-re a következő kongruencia adódik:

$$\frac{-1}{2!}f'(x) \equiv \binom{2}{2}x^{p^f-3} + \binom{3}{2}x^{p^f-4} + \cdots + \binom{p^f-1}{2} \pmod{p}. \quad (1)$$

A második differenciálhányados innen

$$\frac{-1}{2!}f''(x) \equiv (p^f-3)\binom{2}{2}x^{p^f-4} + \\ + p^f-4)\binom{3}{2}x^{p^f-5} + \cdots + 1.\binom{p^f-2}{2} \pmod{p},$$

ha itt ismét minden együtthatónak első számbeli tényezőjéből p^f-et levonjuk és $\frac{-1}{3}$-mal osztunk az

$$\frac{1}{3!}f''(x) \equiv \binom{3}{3}x^{p^f-4} + \binom{4}{3}x^{p^f-5} + \cdots + \binom{p^f-1}{3} \pmod{p} \quad (2)$$

alatti relació adódik. Az (1) és (2) alatti eredmények valószínűvé teszik, hogy

$$\frac{(-1)^k}{(k+1)!} f^{(k)}(x) \equiv \binom{k+1}{k+1} x^{p^f-k-2} + \\ + \binom{k+2}{k+1} x^{p^f-k-3} + \cdots + \binom{p^f-1}{k+1} \pmod{p}$$

kongruencia helyességét. Ha újból differenciálunk, az

$$\frac{(-1)^k}{(k+1)!} f^{(k+1)}(x) \equiv (p^f-k-2)\binom{k+1}{k+1} x^{p^f-k-3} + \\ + (p^f-k-3)\, x^{p^f-k-4} + \cdots + 1.\binom{p^f-2}{k+1} \pmod{p}. \qquad (k^+)$$

Ha itt ismét a jobboldalra minden együttható első számbeli tényezőjéből p^f-et kivonjuk és $\frac{-1}{k+2}$-vel szorzunk, a következő reláció

$$\frac{(-1)^{k+1}}{(k+2)!} f^{(k+1)}(x) \equiv \binom{k+2}{k-2} x^{p^f-k-2} + \\ + \binom{k+3}{k+2} x^{p^f-k-2} + \cdots + \binom{p^f-1}{k+2} \pmod{p}$$

adódik, amely ugyanazon törvényszerűség alapján épül fel, mint helyesnek föltett (k^+) alatti reláció, és így tekintettel arra, hogy az (1) és (2) alatti relációk helyeseknek bizonyultak, kimondhatjuk, hogy

$$f^{(k)}(x) \equiv (-1)^k (k+1)! \left[\binom{k+1}{k+1} x^{p^f-k-2} + \right. \\ \left. + \binom{k+2}{k+1} x^{p^f-k-3} + \cdots + \binom{p^f-1}{k+1}\right] \pmod{p}.$$
$$(k=0,\ 1,\ 2,\ \ldots,\ p^f-2)$$

Innen

$$f^{(k)}(1) \equiv (-1)^k (k+1)! \left[\binom{k+1}{k+1} + \binom{k+2}{k+1} + \cdots + \binom{p^f-1}{k+1}\right] \pmod{p}.$$

A szegletes zárójelben álló kifejezésre az I. fejezet (B_1) alatti képletét alkalmazván, lesz

$$f^{(k)}(1) \equiv (-1)^k (k+1)! \binom{p^f}{k+2} \pmod{p}$$

és mivel az I. fejezet (B_2) alatti képlete értelmében

$$\binom{p^f}{k+2} \equiv 0 \pmod{p}$$
$$(k=0, 1, \ldots, p^f-3)$$

azért

$$f'(1) \equiv 0, f''(1) \equiv 0, \ldots, f^{p^f-3}(1) \equiv 0 \pmod{p}$$

és mivel a $\mathfrak{p}$ prímideál p-nek osztója, azért egyszersmind

$$f(1) \equiv f'(1) \equiv \cdots \equiv f^{p^f-3}(1) \equiv 0 \pmod{\mathfrak{p}},$$

tehát $x \equiv 1 \pmod{\mathfrak{p}}$ az $f(x) \equiv 0 \pmod{\mathfrak{p}}$ kongruenciának (p^f-2)-szeres gyöke és így e kongruenciának más gyöke nem lehet. A talált eredményt az

$$f(x) \equiv (x-1)^{p^f-2} \pmod{\mathfrak{p}} \qquad (J)$$

kongruencia fejezi ki.

Ennek helyessége közvetetlenül verifikáció útján is megállapítható.

Ugyanis

$$(x-1)^{p^f-2} \equiv x^{p^f-2} - \binom{p^f-2}{1} x^{p^f-3} + \cdots +$$
$$+ (-1)^k \binom{p^f-2}{k} x^{p^f-2-k} + \cdots + (-1)^{p^f-2}.$$

A $\binom{p^f-2}{k}$ binomiás együttható így írható:

$$\binom{p^f-2}{k} = \frac{p^f-2}{2} \cdot \frac{p^f-3}{3} \cdots \frac{p^f-a}{a} \cdots \frac{p^f-k}{k} [p^f-2-(k-1)] =$$
$$= [p^f-(k+1)] \prod_{a=2}^{k} \frac{p^f-a}{a}.$$

Ha ismét

$$a = p^{e_a} a', \ (a', p) = 1, \ (e_a < f),$$

akkor

$$\frac{p^f-a}{a} = \frac{p^{f-e_a}-a'}{a'} \equiv -1 \pmod{p},$$

úgy

$$\binom{p^f-2}{k} \equiv [p^f-(k+1)] \cdot (-1)^{k-1} \equiv (-1)^k (k+1) \pmod{p}.$$

Így tehát

$$(x-1)^{p^f-2} \equiv x^{p^f-2} + 2x^{p^f-3} + \cdots + (k+1)x^{p^f-2-k} + \cdots + p^f - 1 \equiv \equiv f(x) \pmod{p}$$

és mivel $\mathfrak{p}$ a p törzsszám osztója, csakúgy fennáll az

$$(x-1)^{p^f-2} \equiv f(x) \pmod{\mathfrak{p}}$$

azonos kongruencia.

Mivel az

$$f(x) \equiv 0 \pmod{\mathfrak{p}}$$

kongruencia gyökeinek száma pontosan 1, azért az együtthatóiból alakított

$$C = \begin{vmatrix} 1 & 2 \ldots p^f-2 & p^f-1 \\ 2 & 3 \ldots p^f-1 & 1 \\ . & . \ldots . & . \\ p^f-1 & 1 \ldots p^f-3 & p^f-2 \end{vmatrix}$$

cyklikus determináns rangszáma (mod $\mathfrak{p}$) pontosan egyenlő (p^f-2)-vel. Hogy a C $\mathfrak{p}$-vel osztható, az közvetlenül látható, ha a determináns első sorához hozzáadjuk a többi sorokat; de hogy C-nek (p^f-2)-odfokú minorai között legalább egy van, amely a $\mathfrak{p}$ prímideállal nem osztható, az közvetlenül nem látható, de tüstént következik a II. fejezet 3. tételéből.

(A M. T. Akadémia III. osztályának 1937. jan. 18-án tartott üléséből.)

ÜBER EINE NUMERISCHE KONGRUENZ DEREN MODUL EIN PRIMIDEAL IST.

Von GUSTAV RADOS. o. M.

Im vorstehenden Aufsatz wurde bewiesen, dass die Kongruenz

$$x^{p^f-2} + 2x^{p^f-3} + \cdots + (p^f-2)x + p^f - 1 \pmod{\mathfrak{p}},$$

deren Modul $\mathfrak{p}$ ein Primideal f-ten Grades mit der Norm p^f in einem beliebig vorgelegten algebraischen Zahlkörper ist, nur

$$x \equiv 1 \pmod{\mathfrak{p}}$$

zur Wurzel hat und zwar von der Multiplicität p^f-2. Hieraus folgt sofort, dass die cyklische Determinante

$$C = \begin{vmatrix} 1 & 2 \ldots p^f-2 & p^f-1 \\ 2 & 3 \ldots p^f-1 & 1 \\ \cdot & \cdots \quad \cdot & \cdot \\ p^f-1 & 1 \ldots p^f-3 & p^f-2 \end{vmatrix}$$

von Range p^f-2 ist.

(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften vom 18. Januar 1937.)

TOVÁBBI SPEKTROFOTOMÉTERES ÉS CHEMIAI VÉRCSOPORTVIZSGÁLATOK.[1]

GRÓH GYULA r. tagtól, WELTNER MARGIT-tól
és SZÉLYES LAJOS-tól,
Bálint Péter, Csermák Gizella, Kovács Jenő és Simonné-Váró Jolán
közreműködésével végzett kísérletek alapján.

Egyik korábbi dolgozatunkban[2] megállapítottuk, hogy némely fehérjének, köztük a szérumglobulinnak és a szérumalbuminnak ibolyántúli elnyelési színképe időbeli elváltozást szenved már 25 C°-os hőmérsékleten is, ha e fehérjék oldatait gyengén meglúgozzuk, pl. nátriumhidroxidra nézve 0·1 normállá tesszük. Ezt a jelenséget *emberi szérumglobulinokon* tovább tanulmányozva olyan eredményekhez jutottunk, melyek bizonyos összefüggést mutattak a szérumglobulinok spektroszkópiai-chemiai tulajdonságai és a vércsoportok között. Az erről szóló előzetes közleményünkben[3] mindegyik vércsoportra vonatkozóan csak nehány adat állott rendelkezésünkre és ezért az eredmények általánosításánál óvatosaknak kellett lennünk. Azóta azonban nagyobb számú adatot dolgoztunk föl és vizsgálatainkat több irányban kiterjesztettük. Az eredményeket a következő pontokban foglaljuk össze.

---

[1] A m. kir. József Nádor Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem általános chemiai intézetében és részben a Phylaxia Szérumtermelő Rt. laboratoriumában készült dolgozat.

[2] GRÓH és WELTNER: Math. és Term. Ért. **48**, 525 (1931) és Zeitschr. f. physiol. Chem. **198**, 267 (1931).

[3] GRÓH és WELTNER: Math. és Term. Ért. **52**, 167 (1934) és Biochem. Zf. **273**, 389 (1934).

I. Spektroszkópiai-chemiai különbségek az A és B vércsoport szérum-globulinjai között.

A szérumglobulinokat 30—100 cm^3 szérumból nyertük. A szérumokat mindenekelőtt vízzel 50-szeres térfogatra higítottuk.[4] Kísérleteink egyik csoportjában a higított szérumokat előbb 30%-ig telítettük szilárd ammóniumszulfát hozzáadásával (1000 cm^3 higított szérum + 226·3 g $(NH_4)_2SO_4$), majd pedig az így kapott első globulinfrakció leszűrése után a szűrletet folytatólagosan 40 %-ig telítettük (1000 cm^3 szűrlet + 68·0 g $(NH_4)_2SO_4$). A leválasztás után a folyadékokat kb. 2 óra hosszat kevertük. A fehérjecsapadékokat papiroson szűrtük (Schleicher és Schüll 602. sz. keményített szűrő) és ugyanolyan töménységű ammóniumszulfát-oldattal mostuk, mint amilyen tömény volt ammóniumszulfátra nézve a leszűrt folyadék. Miután a két, egymásután leválasztott frakció közt sohasem mutatkozott spektroszkópiai szempontból lényeges különbség, a későbbi vizsgálatoknál minden szérumból csak egyetlen globulinfrakciót választottunk le, 35%-ig való telítés által (minden 1000 cm^3 felhigított szérumhoz 264 g $(NH_4)_2SO_4$-et adva). Egy-egy esetben viszont a 40%-ig telített szűrletet 50, 60, majd 70%-ig telítettük ammóniumszulfáttal (minden 1000 cm^3 szűrlethez 65·6, 63·3, illetőleg 61·1 g $(NH_4)_2SO_4$-et adva), hogy a magasabb telítettségi fokoknál leváló frakciók spektroszkópiai tulajdonságait is megismerjük.

A fehérjecsapadékokat cellofándializátorokba tettük és jégszekrényben addig dializáltuk, míg a Nessler-reakció negatívvá vált.

A dializátorból kivett fehérjéhez annyi konyhasót tettünk, hogy a keletkező oldat $NaCl$-ra nézve 0·9%-ossá váljék. Az oldatokat szűrés után Kjeldahloztuk és fiziológiás konyhasóoldattal úgy higítottuk, hogy kb. 0·04% fehérjét tartalmazzanak. Az így nyert oldatok 1 cm hosszú küvettába kerültek és meghatároztuk abszorpciós spektrumukat Judd Lewis f. spektrofotométerrel kombinált Hilger E-3 jelzésű spektroszkóp segítségével. A közismert $\varepsilon = \frac{1}{cd} \log \frac{I_0}{I}$ formulában c az oldat fehérjetartalmát %-ban, d pedig az oldat rétegvastagságát cm-ekben jelenti.

[4] Indokolást lásd a 3. alatt idézett munkában.

A fehérjeoldatokat ezután egyenlő térfogatú 0·2 normál *NaOH* oldattal elegyítettük és abszorpciókspektrumukat *azonnal* fotografáltuk. A lúgozott elegyek másik részét pedig 25 C°-os thermosztátba helyeztük és rendszerint 3 nap mulva, esetleg azonban rövidebb időközökben is újra megállapítottuk abszorpciós görbéiket.

A *meglúgosítás előtt*, tehát közel neutrális közegben mindegyik globulin olyan elnyelési görbét ad, melynek 250·5 $m\mu$-nél minimuma, 277·6$m\mu$-nél pedig maximuma van. Ezeket a görbéket a maximum és minimum közti nívókülönbséggel lehet legegyszerűbben jellemezni, melyet az alábiakban mindenkor $\Delta\varepsilon$-al fogunk jelölni.

A *lúgosítás hatására* az abszorpciós minimum helye 271 $m\mu$-re, a maximumé pedig 286 $m\mu$-re tolódik el. Mint alább látni fogjuk, a lúgos közegben felvett abszorpciós görbékre az a leginkább jellemző, hogy a lúgos oldat állása közben emelkedik-e az abszorpciós görbe maximuma (vagyis szabatosabban az abszorpciós maximumnak megfelelő hullámhossznál mért extinkciókoefficiens értéke) és milyen mértékben? Az emelkedés jelenségét rövidség okából «lúgos emelkedés»-nek nevezzük, annak nagyságát pedig Δ_{max}-al fogjuk jelölni.

A most elmondott módon és értelemben 38 ember szérumglobulinját vizsgáltuk meg, kik közül 23-an az *A*, 15-en pedig a *B* vércsoporthoz tartoztak.[5] Az eredményeket az I. táblázatban foglaltuk össze.[6] Az ezek átlagértékeinek megfelelő abszorpciósgörbék pedig az 1. ábrában láthatók.

Kísérleti adatainkkal kapcsolatban a következőket jegyezzük meg:

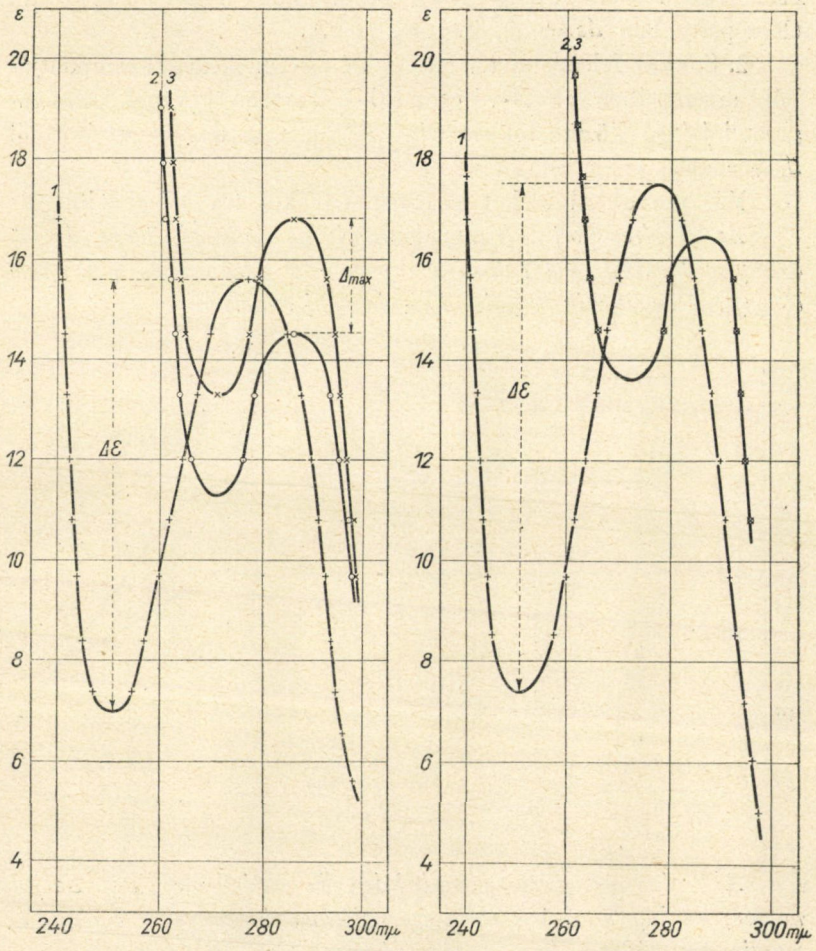
1. Az *A*- és *B*-vércsoporthoz tartozó egyének szérumglobulinjai *neutrális közegben* annyiban különböznek, hogy az *A*-vér-

[5] A szérumok betegektől származtak, legtöbbször hypertoniások-tól.

[6] Jobb áttekintés céljából ebbe a táblázatba felvettük azt a néhány adatot is, melyet 3. alatt idézett munkánkban megállapítottunk. Csak egyetlen egy adatot hagytunk ki a táblázatból, azt, ami a most említett dolgozat III. táblázatában az 5. számú, *B* vércsoportú vérre vonatkozik. Ez az észlelés nyilván téves, mert rajta kívül egyetlen elütő adattal sem találkoztunk. Sajnos, nem volt módunkban a vizsgálatot megismételni.

I. táblázat.

A-vércsoport szérumglobulinjai					*B*-vércsoport szérumglobulinjai				
Sorszám	Név	$(NH_4)_2SO_4$ telítettségi foka %	$\Delta\varepsilon$	Δ_{max}	Sorszám	Név	$(NH_4)_2SO_4$ telítettségi foka %	$\Delta\varepsilon$	Δ_{max}
1.	H. Gy. ♂	0—30	8·40	3·00	1.	K. T. ♂	0—30	11·60	0·00
		30—40	8·60	3·20			30—40	11·50	0·20
2.	K. I. «	0—30	8·65	2·80	2.	N. L. «	0—30	10·63	0·10
		30—40	8·50	2·75			30—40	10·20	0·00
3.	K. I. «	0—30	8·60	3·00	3.	B. I. «	0—30	9·90	0·00
		30—40	8·40	2·10			30—40	9·80	0·00
4.	K. L. «	0—30	8·62	3·90	4.	F. F. «	0—30	9·90	0·25
		30—40	8·70	2·00			30—40	10·10	0·00
5.	T. I. «	0—30	8·50	3·05	5.	F. M. «	0—30	9·32	0·25
		30—40	8·35	2·95			30—40	9·45	0·00
6.	Sz. M. «	0—30	8·69	2·05	6.	I. L. «	0—30	9·90	0·00
		30—40	8·74	2·00			30—40	10·80	0·00
7.	E. Gy. «	0—30	8·45	2·35	7.	N. N. «	0—35	9·65	0·00
		30—40	8·40	2·58	8.	M. J. «	0—35	10·03	0·00
8.	H. E. «	0—30	8·40	1·50	9.	V. L. «	0—35	10·70	0·23
		30—40	9·00	3·20	10.	K. L. «	0—35	9·20	0·00
9.	Sch. I. «	0—35	8·70	2·15	11.	F. Gy. «	0—35	10·10	0·00
10.	A. L. «	0—35	8·82	3·15	12.	Gy. I. «	0—35	10·30	0·00
11.	G. J. «	0—35	8·60	1·85	13.	O. S. ♀	0—30	10·40	0·00
12.	N. M. «	0—35	8·05	1·67			30—40	10·30	0·10
13.	W. B. «	0—35	9·15	1·40	14.	K. J. «	0—35	9·85	0·00
14.	V. S. «	0—35	9·40	2·00	15.	K. I. «	0—35	9·78	0·00
15.	T. ♀	0—30	8·15	2·60			Középérték	**10·12**	**0·03**
		30—40	8·84	1·90					
16.	G. L. «	0—35	8·62	2·15					
17.	N. N. «	0—35	8·24	2·72					
18.	Sch. N. «	0—35	8·25	2·17					
19.	K. J. «	0—35	8·82	1·50					
20.	B. Gy. «	0—35	8·50	1·05					
21.	K. L. «	0—35	8·35	1·97					
22.	G. S. «	0—35	8·85	2·30					
23.	Sz. P. «	0—35	9·10	2·15					
		Középérték	**8·59**	**2·26**					



1. ábra.

A szérumglobulin *B* szérumglobulin

1. Abszorpciósgörbe neutrális közegben
2. « lúgos «
3. « « « három napi állás után

$\Delta\varepsilon = 8{\cdot}59$ $\Delta\varepsilon = 10{\cdot}12$

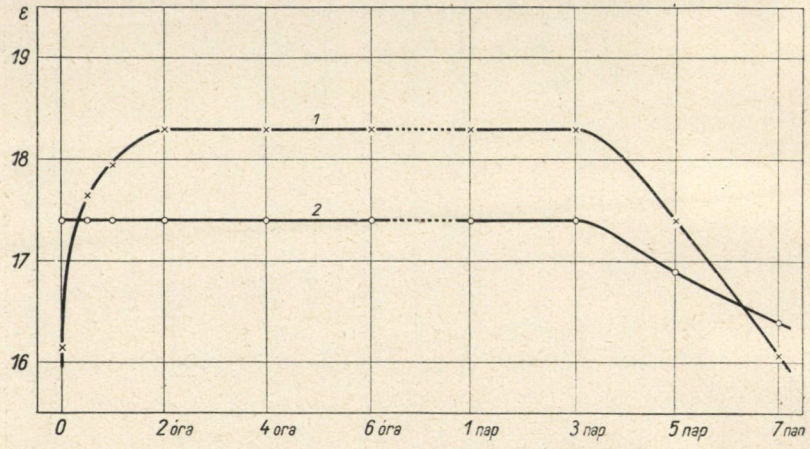
$\Delta_{max} = 2{\cdot}26$ $\Delta_{max} = 0{\cdot}03$

csoportnál $\Delta\varepsilon$ értéke lényegesen kisebb, mint a *B*-vércsoportnál. (Középértékben $\Delta\varepsilon=8{\cdot}59$, illetőleg 10·1.)

2. Sokkal feltűnőbb az eltérés «lúgos-emelkedés» szempontjából, amennyiben az *A*-vércsoporthoz tartozó egyének szérumglobulinjainál középértékben $\Delta_{max}=2{\cdot}26$, míg a *B*-vércsoportnál $\Delta_{max}=0{\cdot}03$.

Más szavakkal ezeket az eredményeket így fejezhetjük ki:

Az A-vércsoport szérumglobulinjait az jellemzi, hogy $\Delta\varepsilon$-juk aránylag kicsiny, lúg hatására azonban az abszorpciós maximum lényegesen emelkedik, vagyis Δ_{max} értéke jelentékeny.



2. ábra.

A B-vércsoprt szérumglobulinjaira viszont jellemző, hogy $\Delta\varepsilon$-juk magas, de lúg hatására az abszorpciós maximum nem emelkedik, vagyis Δ_{max} értéke zérus, illetőleg zérushoz közel áll.

Kiegészítésül *nem frakcionált* szérumokon is végeztünk hasonló méréseket, mint aminőket a szérumglobulinoknál leírtunk. Ezeknél a kísérleteknél a szérumokat fiziológiás konyhasóoldattal egyszerűen 150—200-szoros térfogatra higítottuk és az így kapott oldatnak felvevén az abszorpciós görbéjét, $\Delta\varepsilon$ egyszerűen kiadódott. Az oldat egy másik részletét egyenlő térfogatú 0·2 normál *NaOH*-val elegyítettük és az abszorpciós görbét egyrészt azonnal az elegyítés után, másrészt három nap mulva megállapítottuk. (Közben az elegy

25 C°-os termosztátban állt.) A maximumok emelkedése szolgáltatta a Δ_{max}-értékeket.

II. táblázat.

Nem frakcionált *A*-vércsoportú szérumok				Nem frakcionált *B*-vércsoportú szérumok			
Sorszám	Név	$\Delta\varepsilon$	Δ_{max}	Sorszám	Név	$\Delta\varepsilon$	Δ_{max}
1.	S. A. ♀	6·55	5·80	1.	K. L. ♂	9·00	0·10
2.	G. S. «	6·68	3·50	2.	Gy. I. «	8·90	0·00
3.	S. J. «	7·45	3·15	3.	B. A. «	9·05	0·70
4.	Sz. P. «	7·60	3·00	4.	N. N. «	7·80	0·95
5.	V. S. ♂	7·60	2·40	5.	K. Ö. ♀	8·90	0·55
	Középérték	**7·17**	**3·57**		Középérték	**8·73**	**0·46**

Az így kapott eredményeket a II. táblázatban foglaltuk össze. Mint innen látható, az *A*- és *B*-szérumok közti különbség ilyen felvételeknél is szembetűnő, úgy a $\Delta\varepsilon$, mint a Δ_{max} szempontjából.

Néhány kísérletben külön tanulmányoztuk *a szérumglobulinok «lúgos emelkedés»-ének időbeli lefolyását.* A feltételek ugyanolyanok voltak mint azt a korábbiakban leírtuk, vagyis a közeg *NaOH*-ra nézve 0·1 normál volt, a hőmérséklet pedig 25 C°. Az eredmények a 2. ábrában vannak feltüntetve. (Az abszcisszán az idő órákban, ill. napokban, az ordinátán pedig az abszorpciós maximum helyén mért extinkciókoefficiens van feltüntetve.) Kivehető ezekből, hogy az *A*-szérumglobulinoknál a «lúgos emelkedés» gyorsan végbemegy (1. sz. görbe) és pedig mintegy 2 óra alatt. A lúgos oldat abszorpciós maximuma ezt követőleg változatlan marad mintegy 3 napig, azután azonban visszaesés mutatkozik. A *B*-szérumglobulinok esetében (2. sz. görbe) — mint az előzőkben láttuk — nincs «lúgos emelkedés», három nap elteltével azonban szintén csökkenés áll be az abszorpciós maximum helyén.

A «lúgos emelkedésnek», illetőleg az abszorpciós maximum csökkenésének magyarázatára alább még visszatérünk.

Végül megemlítjük, hogy *az A-vércsoport két alcsoportjára* nézve is végeztünk egy-egy esetben vizsgálatot. Blinov módszeré-

vel[7] kiválasztottunk egy-egy A_1 illetőleg A_2 egyént és ezek szérumát 35%-ig telítve ammoniumszulfáttal, a kapott globulinokat a szokásos módon megvizsgáltuk. Ezenfelül azonban ugyanezen egyének szérumát frakcionálás nélkül is vizsgáltuk. Az eredmények mindkét esetben egyezők voltak, vagyis az A_1 és A_2 szérumok közt spektroszkópiai különbséget nem észleltünk.

II. A O-vércsoporthoz tartozó férfiak és nők szérumfehérjei közt fennálló spektroszkópiai-chemiai különbségek.

A 3. alatt idézett közleményben 7 olyan egyén szérumglobulinjának vizsgálatáról számolunk be, kik a *O*-vércsoporthoz tartoztak. A hét egyén közül 4 férfi, 3 pedig nő volt. Mindegyik esetben 2—2 globulinfrakciót választottunk le a szérumokból az által, hogy az 50-szeres térfogatra felhigított szérumokat előbb 30%-ig telítettük ammóniumszulfáttal, szűrés után pedig a telítést 40%-ig folytattuk.

Míg az *A*- és *B*-vércsoport esetében az ugyanazon szérumból egymásután hasonló módszerrel leválasztott 2—2 frakció spektroszkópiai tulajdonságai ($\Delta\varepsilon$, illetőleg Δ_{max}) egymással egyezőek voltak, vagy legalább is nagyon közel egyeztek, addig a *O*-vércsoportnál lényegesen eltérőknek mutatkoztak az egymásután leválasztott frakciók. És pedig: közülük az egyik mindig *A*-típusú volt (jelentékeny Δ_{max}), a másik pedig *B*-típusúnak mutatkozott (alacsony Δ_{max}). Nevezetes már most, hogy *a férfiaknál mindig előbb* (30%-os telítettségnél) *vált le az A-típusú frakció és azután* (40%-os telítettségnél) *a B-típusú, a nőknél pedig fordítva, előbb a B-típusú frakciót kaptuk meg és utána az A-típusút.*

Erre a körülményre annak idején korán lett volna a figyelmet felhívni, miután akkor mindössze 7 szérum vizsgálatával végződtünk el. Kívánatosnak látszott azonban közelebbről megvizsgálni, hogy valóban fennáll-e ez a törvényszerűség, Ezért nagyobb számú esetet vizsgáltunk meg úgy, hogy a III. táblázatban már 12 férfira és 13 nőre vonatkozó adatok állanak rendelkezésre.[8]

---

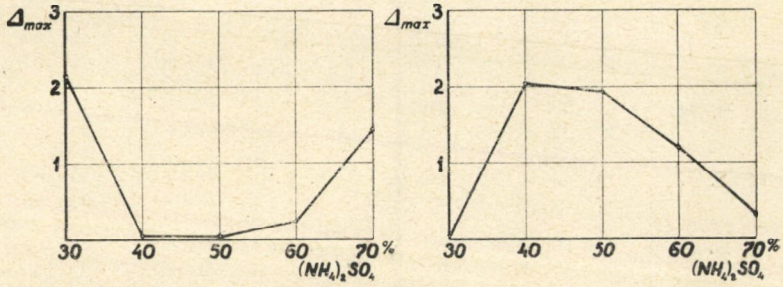
[7] N., Blinov: Klin. Wochenschr. 1934. II. 1025.

[8] Ebbe a táblázatba felvettük az előbb említett 7 eset adatait is.

Táblázatunk adatai már most *kivétel nélkül megerősítik a fent mondottakat.* Különösen kiviláglik ez a III. táblázat középértékeiből:

Férfiak I. frakciója	$\Delta\varepsilon$	=8·36	Δ_{max}	=2·07
Nők II. frakciója	«	=8·93	«	=2·34
Férfiak II. frakciója ...	«	=9·77	«	=0·15
Nők I. frakciója	«	=9·43	«	=0·11

Mint a III. táblázatból láthatjuk, 2—2 férfi és nő szérumából 5—5 frakciót választottunk le 30, 40, 50, 60 és 70%-ig való telítés által. (A felhasznált ammóniumszulfátmennyiségeket az előző pontban közöltük.) Ezeket a frakciókat ugyanúgy vizsgáltuk, mint az előzőkben. Az eredményeket a III. táblázatban találjuk, jobb áttekintés céljából azonban a 3. ábrában is feltüntettük. (Abszcisszán az



3. ábra.

Férfiak szérumfehérjéi

Nők szérumfehérjéi

ammóniumszulfát telítettségi foka, ordinátán a Δ_{max}-értékek.) Mint innen látható, *a férfiak és nők görbéje reciprok: A férfiaknál az első és utolsó frakció nagy «lúgos emelkedést» mutat, a közbeneső frakciók lúgos emelkedése zérus, illetőleg kicsiny. Ezzel szemben a nőknél az első és utolsó frakció lúgos emelkedése minimális, a közbeneső frakcióké pedig jelentékeny. A férfiak görbéjét tehát minimum, a nőkét pedig maximum jellemzi.*

Az ebben a pontban ismertetett kísérletekhez még azt a megjegyzést fűzzük, hogy a «lúgos emelkedés» lefolyása nem egészen úgy megy végbe itt a *O*-vércsoportnál, mint az *A* vércsoport esetében. Némely esetben ez az emelkedés már 1 óra

III. táblázat.

O-vércsoportú **férfiak** szérum-globulinjai					*O*-vércsoportú **nők** szérum-globulinjai				
Sorszám	Név	$(NH_4)_2SO_4$ telítettségi foka %	$\Delta\varepsilon$	Δmax	Sorszám	Név	$(NH_4)_2SO_4$ telítettségi foka %	$\Delta\varepsilon$	Δmax
1.	K. I.	0—30	8·1	2·25	1.	U. I.	0—30	8·0	0·4
		30—40	8·9	0·35			30—40	8·3	3·1
2.	N. N.	0—30	8·9	1·65	2.	B. I.	0—30	9·8	0·65
		30—40	10·05	0·0			30—40	9·35	2·25
3.	I. I.	0—30	9·3	1·05	3.	T. I.	0—30	8·1	0·0
		30—40	10·6	0·15			30—40	10·2	3·25
4.	S. S.	0—30	9·0	1·9	4.	P. I.	0—30	10·6	0·1
		30—40	10·0	0·1			30—40	8·6	2·35
5.	X. Y.	0—30	7·55	2·15	5.	K. I.	0—30	8·45	0·0
		30—40	9·6	0·25			30—40	9·05	3·15
6.	B. M.	0—30	9·8	2·45	6.	N. Z.	0—30	10·4	0·0
		30—90	10·8	0·0			30—40	8·9	2·0
7.	N. J.	0—30	8·6	3·2	7.	N. K.	0—30	9·45	0·0
		30—40	11·4	0·25			30—40	8·9	2·5
8.	K. I.	0—30	8·17	0·1	8.	U. M.	0—30	9·85	0·0
		30—40	8·1	0·0			30—40	8·55	1·3
9.	K. Gy.	0—30	8·3	3·35	9.	H. V.	0—30	10·15	0·1
		30—40	9·2	0·5			30—40	9·5	2·85
10.	P. N.	0—30	8·5	2·4	10.	Sz. L.	0—30	10·05	0·08
		30—40	10·1	0·1			30—40	8·65	2·7
11.	H. P.	0—30	8·3	2·0	11.	W. I.	0—30	7·88	0·05
		30—40	9·0	0·0			30—40	8·2	0·8
		40—50	5·8	0·0					
		50—60	5·25	0·0	12.	Z. K.	0—30	10·25	0·05
		60—70	4·1	1·4			30—40	9·0	1·55
							40—50	5·6	2·1
12.	R. B.	0—30	8·8	2·3			50—60	3·2	1·5
		30—40	9·5	0·1			60—70	4·25	0·4
		40—50	4·05	0·1					
		50—60	4·65	0·5	13.	F. I.	0—30	9·6	0·0
		60—70	3·25	1·5			30—40	8·85	2·6
							40—50	6·15	1·8
							50—60	5·2	0·9
							60—70	3·85	0·25

alatt befejeződik és utána a görbe maximuma csökken, esetleg kisebb értékre, mint a mekkorának a «lúgos azonnali» felvételnél adódott. Más esetekben 1 nap eltelte után is folytatódott az emelkedés. Hogy az ebből eredő komplikációkat elkerüljük, rendszerint 1 óra, illetőleg 1, 2 és 3 nap mulva végeztünk méréseket a lúgozást követőleg és Δ_{max} értéke gyanánt az *észlelt legnagyobb* emelkedést vettük fel a táblázatba.

III. Juh immunizálási kísérletek emberi A- és B-vörösvérsejtekkel.

Többször idézett előzetes közleményünkben[3] a szérumglobulinokon nyert spektroszkópos tapasztalatainkat az azokban foglalt agglutininekkel hoztuk kapcsolatba. Mivel — mint tudvalevő — az állatok vérének agglutinintartalmát nagy mértékben lehet immunizálással fokozni, további vizsgálatainkban a következő gondolatmenetet követtük: Juhokat emberi *A*- és *B*-vörösvérsejtekkel immunizáltunk avval a szándékkal, hogy ily módon magas β illetőleg α-agglutinintartalmú szérumokhoz fogunk jutni; arra számítottunk, hogy amennyiben az emberi szérumglobulinokon szerzett spektroszkópiai jelenségeket az agglutininek okozzák, ezeket a spektroszkópiai hatásokat a juhimmunszérumokon fokozottabb mértékben fogjuk észlelhetni.

Ilyen értelemben két kísérletsorozatot végeztünk, melyeknek eredményeit kivonatosan egybefoglalva az alábbiakban közöljük.

A kísérletekre alkalmas juhok kiválasztása céljából három ízben (10, 12, illetőleg 25 juh vörösvérsejtjeivel, illetőleg szérumával) keresztagglutinációs próbákat végeztünk. Mindhárom ízben negatív eredménnyel végződtek e próbák, amennyiben agglutinációt egy esetben sem észleltünk. Standardjuh-szérumok dolgában L. Hirszfeld professzor úrhoz fordultunk, — kinek fáradozásaiért ezen a helyen is köszönetet mondunk — ő azonban — fájadalom — nem tudta kérésünket teljesíteni. Ezért aztán olyan juhokat kerestünk ki, melyeknek széruma az *A*, illetőleg *B* emberi vérsejteket lehetőleg ellentétes mértékben agglutinálta. Az agglutinációs próbákat mindenkor úgy végeztük, hogy a juhszérumokat előbb 55 C°-on

30 percig tartó inaktiválásnak vetettük alá, majd pedig azokat *O* csoportbeli embervérsejtekkel ráztuk, hogy a faji agglutinineket megkössük. Az így kezelt, *O* vérsejteket már nem agglutináló juhszérumokkal agglutináltuk az *A* és *B* emberi vérsejteket. Az agglutinációs titert avval a higítással definiáljuk, mely higítás mellett az agglutináció még határozottan észlelhető.

Az immunizálás céljából — az alábbi IV. és V. táblázatban megadott időközökben — 5—5 cm^3 mosott vörösvérsejtszuszpenziót fecskendeztünk az állatok bőre alá.

A szérumokból ammoniumszulfáttal 30%-ig és 30—40%-ig való telítéssel 2—2 globulinfrakciót állítottunk elő és ezek $\Delta\varepsilon$-ját, illetőleg Δ_{max}-át a már ismert módon meghatároztuk. Miután a 2—2 frakció mindenkor azonos viselkedésű volt, a táblázatba csak a két frakciónál kapott eredmények középértékét vettük fel. A IV. és V. táblázatból a következők vehetők észre:

Az immunizálás hatására a szérumok titerében minden esetben határozott változás következett be és pedig mindenkor az előre várt értelemben. Egy eset (29. juh) kivételével azonban a titernövekedés nem volt jelentékeny.

Ha az immunizálások előtti *első* vérvételeknél kapott Δ_{max} értékeket vizsgáljuk, találunk 0·00-ás és 1·5—3·2 közti eredményeket. Az előbbiek (45. és 70. juh) az immunizálás előtti további vérvételeknél is megmaradnak,[9] az utóbbiak azonban zérushoz közelálló értékre csökkennek.

Érdekes evvel kapcsolatosan megjegyezni a következőket: Az 1. és 2. számú juhnál az 1. kísérleti napon vett vér szérumglobulinjának tirozintartalma 4·64, illetőleg 4·51% volt. A második vérvételnél (43. illetőleg 49. kísérleti nap) a tirozintartalom 5·26, illetőleg 5·10%-nak adódott. Tehát a Δ_{max}-értékek leesése a tirozintartalom emelkedésével volt kapcsolatos. A 9. alatti jegyzetben említett 3. és 4. számú juhnál, melyeknél a két egymásutáni vérvétel szérumglobulinja *azonos* Δ_{max}-ot adott (mindegyik esetben $\Delta_{max}=0$), a tirozintartalom is *azonos* maradt (l. vérvételnél 5·13, illetőleg 5·13%,

[9] A 45. és 70. juhéhoz hasonló eredményt adott ebben a tekintetben két másik juh is (3. és 4. sz.), melyek a táblázatban nem szerepelnek, mert rajtuk immunizálási kísérletet nem végeztünk.

IV. táblázat. (*A*-vérsejtekkel immunizált juhok.)

2. sz. juh					29. sz. juh					35. sz. juh				
Kísérleti nap	Titer anti *A*	Titer anti *B*	$\Delta\varepsilon$	Δ_{max}	Kísérleti nap	Titer anti *A*	Titer anti *B*	$\Delta\varepsilon$	Δ_{max}	Kísérleti nap	Titer anti *A*	Titer anti *B*	$\Delta\varepsilon$	Δ_{max}
1	—	—	8·47	2·00	1	32	4	8·80	3·20	1	4	4	9·75	1·55
43	16	8	10·40	0·20	29	—	—	9·45	0·00	28	—	—	9·50	0·10
124	8	4	10·45	0·40	29	immunizálás		—	—	28	immunizálás		—	—
169	immunizálás		—	—	34	«		—	—	34	«		—	—
173	8	8	10·20	0·00	39	«		—	—	39	«		—	—
180	immunizálás		—	—	44	«		—	—	44	«		—	—
186	«		—	—	48	«		—	—	48	«		—	—
192	64	8	8·70	2·00	53	256	16	8·80	2·25	53	16	8	8·70	3·40

V. táblázat. (*B*-vérsejtekkel immunizált juhok.)

1. sz. juh					45. sz. juh					70. sz. juh				
Kísérleti nap	Titer anti *A*	Titer anti *B*	$\Delta\varepsilon$	Δ_{max}	Kísérleti nap	Titer anti *A*	Titer anti *B*	$\Delta\varepsilon$	Δ_{max}	Kísérleti nap	Titer anti *A*	Titer anti *B*	$\Delta\varepsilon$	Δ_{max}
1	—	—	8·47	2·35	1	16	4	8·50	0·00	1	4	8	8·60	0·00
49	32	16	10·20	0·30	28	—	—	9·70	0·00	28	—	—	10·70	0·65
133	8	4	10·30	0·20	28	immunizálás		—	—	28	immunizálás		—	—
182	immunizálás		—	—	33	«		—	—	34	«		—	—
189	8	8	10·00	0·00	38	«		—	—	39	«		—	—
195	immunizálás		—	—	43	«		—	—	44	«		—	—
201	«		—	—	47	«		—	—	48	«		—	—
210	8	32	10·10	0·00	52	16	32	10·70	0·20	53	8	64	9·60	0·00

második vérvételnél 5·12, illetőleg 5·25%). E tapasztalatok szerint tehát a Δ_{max}-értékek változása vagy változatlansága a tirozintartalom változásával, vagy változatlanságával kapcsolatos. A juhszérumglobulinok triptofántartamát a most említett 4 juhnál mindenkor változatlannak találtuk. (A triptofántartalmak középértéke 2·20%.)

Az immunizálás hatására *egyértelműen* változott meg a 3—3 juh szérumának spektroszkópiai magatartása. Az *A* sejtekkel immunizált juhoknál a $\Delta\varepsilon$-értékek alacsonyak (8,7—8,8), a Δ_{max}-értékek ellenben magasak (2,0—3,4). A *B* sejtekkel immunizált juhoknál evvel szemben magasabb $\Delta\varepsilon$-okkal (9,6—10,7) és igen alacsony Δ_{max}-okkal (0,0—0·2) találkozunk.

Eleve azt vártuk volna, hogy az *A*-sejtekkel való immunizálás eredménye az emberi *B*-szérumokhoz hasonló spektroszkópiai tulajdonságú szérumok termelése lesz, mely szérumokat magas $\Delta\varepsilon$ és igen alacsony Δ_{max}-értékek jellemeznek. Viszont a *B*-sejtekkel való immunizálástól alacsony $\Delta\varepsilon$ és magas Δ_{max}-értékek kialakulását vártuk. Az eredmény, mint látjuk, éppen fordított. Feltűnik ezenfelül a 29. juhnál, hogy a kiugróan magas anti *A*-titer nem hozta magával a spektroszkópiai tulajdonságok észrevehető megváltozását, amit a bevezetésben mondottak szerint szintén várni lehetett volna.

IV. Agglutinin-kimerítési kísérletek.

Noha az előző pontban leírt immunizálási kísérleteknél szerzett tapasztalatok arra mutatnak, hogy az emberi *A* és *B* szérumglobulinok és szérumok spektroszkópiai magatartását nem a bennük foglalt agglutininek okozzák, mégis érdemesnek látszott megvizsgálni, hogy milyen spektroszkópiai tulajdonságot mutatnak a szérumglobulinok és szérumok, ha belőlük a megfelelő agglutininеket előzőleg — megfelelő vörösvérsejtekkel — eltávolítjuk.

Kísérleti eljárásunk a következő volt: 80 cm³ *A*-szérumot két, egyenlő részre osztottunk; 40 cm³ szolgált a «kimerítési» kísérletre, 40 cm³ pedig ellenőrzésül. A kimerítésre szolgáló *B*-vérsejteket úgy nyertük, hogy *B*-egyén véréből 50 cm³-t 10 cm³ 2%-os nátriumcitrát-oldatba folyattunk és a lecentrifugált vérsejteket fiziológiás konyhasóoldattal addig mostuk, míg a folyadék tisztája fehérje-

mentessé vált. Az így tisztított és centrifugált vérsejtszedimentumhoz vele kb. egyenlő térfogatú fiziológiás konyhasóoldatot adva nyertük azt a vérsejtszuszpenziót, melyre a kimerítési kísérleteknél szükségünk volt.

Az említett 40 cm³ *A*-szérumhoz 2 cm³ *B*-vérsejtszuszpenziót adva, a keveréket szobahőmérséklet mellett $^3/_4$ óráig enyhén rázogattuk. A folyadék tisztája (centrifugálás után) még gyenge agglutinálóképességet mutatott, miért is a kimerítést újabb 2 cm³ vérsejtszuszpenzióval hasonló módon megismételtük. Ez után a folyadék tisztája már agglutininmentesnek mutatkozott ugyan, de biztonság kedvéért 5 cm³ vérsejtszuszpenzióval harmadszor is megismételtük a kimerítést.

A lecentrifugált kimerített szérumból az I. pontban ismertetett módon szérumglobulint állítottunk elő és egyidejűleg hasonló módon szérumglobulint készítettünk az ellenőrzésül szolgáló, *B*-vérsejtekkel nem kezelt szérumból is. A nyert globulinokat aztán spektroszkóppal ugyanúgy vizsgáltuk, mint azt korábban leírtuk. Az eredmények a következők voltak:

	$\Delta\varepsilon$	Δ_{max}
Ki nem merített *A*-szérum globulinja	8·55	1·68
Kimerített *A*-szérum globulinja	8·60	1·60

A B-vérsejtekkel kimerített A-szérum globulinja tehát a spektroszkópos vizsgálatnál ugyanúgy viselkedett, mint a ki nem merített szérum.

Ugyanezt a kísérletpárt még egyszer megismételve ugyanezt az eredményt kaptuk.

Más kísérletpároknál úgy a kimerített, mint a ki nem merített *A*-szérumokat fiziológiás konyhasóoldattal történő higítás után *frakcionálás nélkül* közvetlenül vizsgáltuk spektrofotométerrel. Egy ilyen kísérletpár eredménye a következő:

	$\Delta\varepsilon$	Δ_{max}
Ki nem merített *A*-szérum	6·50	2·80
Kimerített *A*-szérum	5·75	2·25

Az eredmény tehát itt is az, hogy a kimerítés által az *A*-szérumok spektrofotométeres magatartása nem változott lényegesen,

vagyis *az A-szérum «lúgos-emelkedése» nem tűnik el az által, hogy belőle a β agglutinint eltávolítjuk.*

Végül *B*-szérumokon is végeztünk kimerítési kisérleteket oly módon, hogy belőlük az α agglutinint *A*-sejtekkel eltávolítottuk. A nyert számadatok a következők:

	$\Delta\varepsilon$	Δ_{max}
Ki nem merített *B*-szérum	5·65	0·0
Kimerített *B*-szérum	5·70	0·0

Most leírt kísérleteink eredményeit tehát úgy formulázhatjuk, hogy az *A*-szérumoknál, vagy szérumglobulinoknál észlelhető «lúgos emelkedések» ezekre a szérumokra jellemzők és alkalmasak arra, hogy az *A*-szérumokat a *B*-szérumoktól megkülönböztessük. Az *A*-szérumok «lúgos emelkedés»-t okozó alkatrészeit azonban a *B*-vérsejtek nem kötik meg. Ezek az alkatrészek (molekulák vagy atomcsoportok) tehát vagy egyáltalán nem játszanak szerepet az agglutináció létrehozásában, vagy ha részt is vesznek benne, szerepüket talán aktivátorszerűen valamilyen más alkatrésszel együttesen töltik be és nem tapadnak az agglutinált *B*-sejtekhez.

V. Az A-, és B-csoportanyag spektroszkópos vizsgálata.

Az elmúlt évtizedben végzett vizsgálatok arra mutatnak, hogy az *A*-, illetőleg *B*-vérsejteknek azok az alkatrészei, melyek a β illetőleg α agglutinint az agglutináció alkalmával megkötik, nemcsak a vörös vérsejtekben találhatók, hanem a megfelelő szérumokban is.[10] Ezeket az anyagokat *A*- illetőleg *B-csoportanyagnak* (*A*-, illetőleg *B*-Gruppensubstanz) nevezik. Ezek szerint tehát az *A*-szérumban *A*-, a *B*-szérumban *B*-csoportanyag foglaltatik.

Néhány kísérlettel már most arról akartunk meggyőződést szerezni, hogy az *A*-, illetőleg *B*-szérumok spektroszkópos magatartása nem ezekkel a csoportanyagokkal kapcsolatos-e.

Ebből a célból Witebsky módszerével[11] *A*-csoportanyagot ké-

[10] Lásd pl. F. Schiff: Über die gruppenspezifischen Substanzen des menschlichen Körpers. G. Fischer, Jena, 1931.

[11] Ascheri-Spro: Erg. d. Physiol. 1932, 321; Weichardts: Erg. d. Hygiene etc. 1934.

szítettünk a következőképpen: 120 cm^3 mosott *A*-vörösvérsejtszuszpenziót 1200 cm^3 96%-os alkohollal több napon át rázogattunk. A tiszta szűrletet vízfürdőn bepároltuk, a maradékot néhány cm^3 fiz. konyhasóoldattal eldörzsöltük és szűrtük. A szűrlet gátlási kísérletekben hatékonynak bizonyult, tehát *A*-anyagot tartalmazott. Ennek a szűrletnek már most felvettük az ultraibolya abszorpciós görbéit és pedig ugyanúgy, mint a szérumfehérjénél és szérumoknál. Tehát neutrális közegben, majd lúgos közegben azonnal a lúgosítás után és ezt követően 2 óra, 6 óra és 3 nap mulva. Szelektív abszorpciót egy esetben sem kaptunk és az abszorpciós görbe helyzete lúggal való állás folyamán nem változott meg. Vagyis az *A*-szérumokra és szérumfehérjékre jellemző «lúgos emelkedés» nem volt észlelhető, ami arra mutat, hogy az *A*-szérumglobulinokon és szérumokon spektroszkóppal észlelt jelenségeket nem az *A*-csoportanyag okozza. Megemlítjük még, hogy a most leírt kísérleteket *B*-vérsejtekkel is egészen hasonlóan megismételtük és pedig szintén negatív eredménnyel.

Végül az *A*- és *B*-csoportanyagot vizeletből is megkíséreltük előállítani Freudenberg és Eichel előírása szerint.[12] E végből 12—12 liter vizeletet vákuumban 50 C° mellett bepárologtattunk és a maradékhoz addig adtunk 20%-os ólomacetátoldatot, míg a lecsapás teljessé vált. A szűrletet kénhidrogénnel telítettük és a folyadék tisztáját a kénhidrogén elűzése után cellofánzacskóban 7 napon át dializáltuk áramló vízben. A dializált folyadékot újra besürítettük vákuumban és kicsiny feleslegben 2%-os tanninoldatot tettünk hozzá. Centrifugálás után a folyadék tisztáját 2 cm^3 tömény sósavval elegyítettük és az egészet tízszeres térfogatú abszolút alkoholba öntöttük. A nyert fehéres csapadékot centrifugálással elkülönítettük és kalciumklorid-nátronmész fölött szárítottuk. A tannin utolsó nyomainak eltávolítása céljából az ólomacetátos kezelést és az alkoholos átcsapást megismételtük. Végtermékként kb. 0·2 g színtelen, szagtalan, vízben jól oldódó port kaptunk. Készítményeink izoagglutinin-gátlási kísérletekben hatékonyaknak bizonyultak.

[12] H. Eichel: Über die gruppenspez. Substanzen etc. Diss. Heidelberg, 1932.

Anyagaink spektroszkópos magatartását már most következőnek találtuk: Neutrális közegben mindkét anyag szelektív abszorpciót mutatott és a szelektív abszorpció az oldat lúgosításakor is megmaradt. Míg azonban az *A*-anyagnál nem volt kimutatható «lúgos emelkedés», addig ez a jelenség a *B*-anyagnál olyan értelemben és mértékben jelentkezett, hogy egyúttal a szelektivitás eltűnt. Az eredmény tehát a fordítottja annak, amit vártunk, mert «lúgos emelkedés»-re nem a *B*-, hanem az *A*-anyagnál lehetett volna számítani. Hogy tapasztalatainknak mi az oka, azt nem tudjuk. Ilyen irányú kísérleteinket ezért nem is tekinthetjük lezártnak, noha az eddigi tapasztalatok alapján kevéssé valószínű, hogy az *A*- és *B*-szérumglobulinokon és szérumokon észlelt spektroszkópos jelenségek az *A*-, illetőleg *B*-csoportanyagokkal volnának kapcsolatba hozhatók.

VI. A különböző vércsoportokhoz tartozó egyének szérumfehérjéinek kémiai vizsgálata.

További kísérleteinkben azt vizsgáltuk, hogy mutathatók-e ki különbségek a különböző vércsoportokhoz tartozó egyének szérumfehérjéinek százalékos aminosavtartalmában.

Nem látszott valószínűtlennek ilyen különbségek fennállására gondolni. Intézetünkben PINTÉR MÁRIA kimutatta pl.,[13] hogy a gliadin két, egymáshoz egyébként igen nagymértékben hasonlatos komponensének tirozintartalma 1 : 2 arányban van. Ugyanilyen arány áll fenn a kazein két komponens-fehérjéjének tirozintartalmában, míg utóbbiak triptofántartalmának aránya kb. 4 : 3.[14] A lovak szérumglobulinjának tirozintartalmát 4·88%-nak, vagy 5·74%-nak, triptofántartalmát pedig 2·23%-nak vagy 3·61 %-nak találtuk a nélkül, hogy közbeneső értékek adódtak volna.[15] (A tirozintartalmak aránya kb. 6 : 7, a triptofántartalmaké pedig kb. 5 : 8.) Jelen dolgozatunk III. pontjában láttuk, hogy ugyanazon juhok szérumglobulinjának tirozintartalma — ismeretlen okoknál fogva —

---

[13] PINTÉR MÁRIA: Bölcsészdoktori értekezés. Budapest, 1934.

[14] GRÓH GYULA: Math. Term. Ért. 52. 146 (1934).

[15] Lásd a 3. alatt idézett dolgozatot.

4·58%-ról 5·18%-ra emelkedhetik. (E számok aránya kb. 8:9.) VALÉR,[16] KAISER,[17] TIMÁR[18] továbbá SIMONOVITS és BALASSA[19] a haemoglobin kéntartalmánál észlelt érdekes szabályszerűséget, BALASSA[20] pedig a haemoglobin kéntartalma és a vércsoportok közt talált összefüggést.

Kísérleteinkben a szérumokból 5—5 frakciót választottunk le azáltal, hogy a vízzel 50-szeresre higított szérumokat ammóniumszulfátra nézve 30, 40, 50, 60 illetőleg 70%-ig telítettük. Az eljárás egyébként ugyanúgy folyt le, mint azt az I. pontban leírtuk.

Az egyes frakciókban azokat az alkatrészeket határoztuk meg, amelyeknek meghatározására elég megbízhatónak látszó mikro-, vagy félmikro-módszerek állottak rendelkezésünkre. A tirozint és triptofánt FOLIN és MARENZI szerint[21] a cisztint a LUGG által módosított FOLIN- és MARENZI-féle módszerrel[22] a metionint BAERNSTEIN módszerével,[23] az arginint a KOEHLER-féle módosítású VAN SLYKE-féle módszerrel[24] határoztuk meg.

Az alábbi VI. sz. táblázatban az első két-két frakcióra vonatkozó meghatározások középértékeit közöljük.[25] Az eredmények alatt zárójelben álló számok azt mutatják, hogy hány szérumglobulinon végzett analizisek középértékeiről van szó.

Azt látjuk ebből az összeállításból, hogy az első két frakció megegyező összetételű a vizsgált alkatrészek szempontjából. Ez korábbi feltevésünk helyessége mellett szól, mely szerint 0—30 és 30—40%-os telítés mellett leváló frakciók chemiailag *azonosak*,

[16] Biochem. Zeitschr. **190.** 444 (1927).
[17] Biochem. Zeitschr. **192.** 58 (1928).
[18] Biochem. Zeitschr. **202.** 365 (1928).
[19] Biochem. Zeitschr. **281.** 186 (1935).
[20] Biochem. Zeitschr. **283.** 222 (1936).
[21] FOLIN és MARENZI: Journ. biol. Chem. **83.** 89 (1929).
[22] LUGG: Biochem. Journ. **26.** 2144 és 2160 (1932).
[23] BAERNSTEIN: Journ. biol. Chem. **97.** 663 (1932), a készülék rajzát lásd PREGL: Die quant. org. Mikroanalyse, III. Aufl. 199. (SPRINGER. Berlin, 1930).
[24] KOEHLER: Journ. biol. Chem. **42.** 267 (1920).
[25] Az egyes meghatározások eredményeit l. BÁLINT P. bölcsészdoktori értekezésében. Budapest, 1936.

VI. táblázat.

	A		*B*		*O*		*AB*	
	I.	II.	I.	II.	I.	II.	I.	II.
	frakció							
Tirozin _ _ %	5·89 (10)	5·80 (14)	5·71 (5)	5·63 (6)	5·77 (7)	5·85 (9)	5·69 (4)	5·96 (4)
Triptofán _ %	2·68 (5)	2·69 (7)	2·57 (5)	2·37 (5)	2·76 (5)	2·60 (6)	2·57 (2)	2·62 (2)
Cisztin _ _ %	2·70 (3)	2·54 (9)	2·83 (4)	2·59 (7)	2·74 (3)	2·51 (9)	2·66 (3)	2·64 (4)
Metionin _ %	1·72 (4)	1·78 (5)	1·82 (3)	1·76 (4)	1·65 (2)	1·72 (5)	1·83 (1)	1·78 (2)
Ammónia _ %	1·69 (2)	1·65 (6)	1·67 (3)	1·68 (6)	1·76 (1)	1·69 (4)	1·57 (1)	1·54 (1)
Arginin _ _ %	8·92 (2)	9·12 (6)	9·05 (3)	9·04 (6)	9·20 (1)	9·00 (4)	8·78 (1)	9·09 (1)

ha a leválasztás erősen higított szérumokból történik.[26] Ez az azonosság viszont azt bizonyítja, hogy (kisebb lehetséges szennyezettségtől eltekintve) mindkét frakció chemiai értelemben véve homogén fehérje, vagyis nem keveréke a globulinnak és albuminnak.

Másrészt azonban azt is láthatjuk táblázatunkból, hogy az *egyes vércsoportoknál nyert eredmények közti eltérések nem nagyobbak mint a meghatározások hibái.*

Hasonló tapasztalatra jutottunk a III., IV. és V. frakciónál is, de megjegyezzük, hogy ezeket a frakciókat csak kisebb számú szérumnál vizsgáltuk. Az ezekre vonatkozó eredményeket nem is tüntetjük fel vércsoportok szerint részletezve, hanem a VII. táblázatban *a vércsoportokra való tekintet nélkül* számított középértékeket foglaljuk össze. (Ugyanebben a táblázatban benne foglaltatnak az előző táblázat végső középértékei is, ugyancsak a vércsoportokra való tekintet nélkül.) Alábbi összeállításaink célja u. i. pusztán csak az, hogy a szérumglobulin és szérumalbumin összetételére nézve adatokat szolgáltassunk.

---

[26] GRÓH és FALTIN: Zeitschr. f. physiol. Chem. **199.** 13 (1931). Lásd továbbá a 3. alatt idézett dolgozatot.

VII. táblázat.

	I. frakció %	II. frakció %	III. frakció %	IV. frakció %	V. frakció %
Tirozin	5·77	5·81	5·64	4·12	3·95
Triptofán	2·65	2·57	2·18	0·99	0·68
Cisztin	2·73	2·57	2·82	4·84	5·39
Metionin	1·76	1·76	1·76	1·24	1·32
Ammónia	1·66	1·64	—	—	1·14
Arginin	9·01	9·06	—	—	—

A VII. táblázatból kitűnik, hogy míg — mint előbb is láttuk — az első két frakcióra vonatkozó értékek egymással megegyezők, addig ugyanezt a III., IV. és V. frakcióra nézve nem állíthatjuk. A III. és IV. frakció tehát nyilván «átmeneti», vagyis ezeknél fehérjekeverékekkel (globulin és albumin bizonytalan arányú keverékével) van dolgunk. Az V. frakció már valószínűleg eléggé tiszta albumin lehet, de erre nézve adataink nem nyujtják azt a biztonságot, mint az I. és II. frakció tisztaságára nézve. Az V. frakció tisztaságáról és kémiailag homogén voltáról tehát csak fenntartással beszélhetünk.

Ha már most elfogadjuk globulinnak az első két frakciót és albuminnak az V. frakciót, úgy ezek aminosavtartalmára és ezek viszonyára nézve a következő összeállítást készíthetjük a VII. táblázat adataiból:

VIII. táblázat.

	%		$a : b$	$a : b$ egész számokban, lekerekítve
	a globulinban a	az albuminban b		
Tirozin	5·79	3·95	1·46	3 : 2
Triptofán	2·61	0·68	3·84	4 : 1
Cisztin	2·65	5·39	0·49	1 : 2
Metionin	1·76	1·32	1·33	4 : 3
Ammónia	1·66	1·14	1·46	3 : 2
Arginin	9·04	—	—	—

Táblázatunk adatai már most lehetővé teszik a globulin és albumin legkisebb molekulasúlyának megállapítását és annak meghatározását, hogy e legkisebb molekulasúlynyi mennyiségben az illető aminosavak hány molekulája foglaltatik. Az eredmények a IX. táblázatban vannak egybefoglalva.

IX. táblázat.

	Globulin			Albumin		
	Hány g globulinban van 1 mol aminosav	1 mol globulinban foglalt aminosav-molekulák száma	Minimális molekulasúly	Hány g albuminban van 1 mol aminosav	1 mol albuminban foglalt aminosav-molekulák száma	Minimális molekulasúly
Tirozin	3120	10	31200	4580	7	32100
Triptofán	7820	4	31300	30000	1	30000
Cisztin	9060	3·5*	31700	4450	7	31200
Metionin	8470	4	33900	11300	3	33900
Ammónia	1020	kb. 31	31600	1490	kb. 21	31300
Arginin	1930	17	32800	—	—	—
		Középérték	**32200**		Középérték	**31800**

Amint láthatjuk, eredményeink elég jó összhangzásban állanak SVEDBERG eredményeivel, kinek vizsgálatai szerint a fehérjék molekulasúlya 34,500-nak egész számú sokszorosával egyenlő.

Összefoglalás.

1. Az *A* és *B* vércsoporthoz tartozó szérumglobulinok abszorpciós spektrumában jól definiált különbségek vannak. A legkirívóbb különbség az, hogy az *A*-szérumglobulinok abszorpciós maximuma lúg hatására lényegesen emelkedik («lúgos emelkedés») míg a *B*-szérumglobulinoknál ilyen emelkedés nem következik be.

2. A *O*-vércsoportnál a szérumglobulin két frakciója (azok, melyek 30%-os, illetőleg 30—40%-os ammoniumszulfát-telítésnél válnak le) mindenkor eltérő spektroszkópos magatartású. Férfiak-

* 3·5 mol cisztin megfelel 7 mol ciszteinnek.

nál az első, nőknél pedig a második globulinfrakció *A*-típusú (jelentékeny «lúgos emelkedés»), míg férfiaknál a második és nőknél az első globulinfrakció *B*-típusú (elenyésző csekély «lúgos emelkedés»).

3. A juhokból termelt anti *B*-szérumok globulinjai *B*-típusúak (elenyésző csekély «lúgos emelkedés»), az anti *A*-szérumok globulinjai pedig *A*-típusúak (jelentékeny «lúgos emelkedés»). Ez az eredmény tehát fordítottja annak, amit eleve vártunk.

4. Az *A*-szérumglobulinok «lúgos emelkedését» nem a β agglutinin okozza. Mert, ha az *A*-szérumokat β agglutininjüktől (*B*-vérsejtekkel való kimerítés által) megfosztjuk, az *A*-szérumglobulinok «lúgos emelkedése» változatlanul megmarad.

5. Az *A*-szérumglobulinok «lúgos emelkedését» nem az *A*-csoportanyag okozza. Mert a vérsejtekből és vizeletből előállított csoportanyagok nem mutatnak «lúgos emelkedést».

6. A különböző vércsoportokhoz tartozó szérumglobulinok és szérumalbuminok közt a %-os aminosavtartalmakban nem találtunk különbséget.

*

Az *A* és *B*-szérumglobulinok közti spektroszkópos eltérések okozóját tehát sem az agglutininekben, sem a csoportanyagokban, sem a kémiai összetételben megtalálni nem sikerült. Az eltérések oka valószínüleg a kérdéses globulinmolekulák izomeriájában van és mai felfogásunk szerint úgy definiálható, hogy az *A*-szérumglobulinok az ismert feltételek mellett (híg lúg hatására közönséges hőmérsékleten) könnyen enolizálódnak, a *B*-szérumglobulinok pedig nem.[27]

*

Munkáinkban a *Magyar Tudományos Akadémia*, a *Természettudományi Tanács* és a *Széchenyi Tudományos Társaság* anyagi támogatásával beszerzett készülékeket is felhasználtuk. Fogadják ezek az intézmények hálás köszönetünket.

---

[27] GRÓH és WELTNER: Math. és Term. Ért. **48**. 525 (1931) és Zeitschr. f. physiol. Ch. **198**. 267 (1931).

(A M. T. Akadémia III. osztályának 1936. nov. 23-án tartott üléséből.)

FORTGESETZTE SPEKTRALPHOTOMETRISCHE BLUTGRUPPEN-UNTERSUCHUNGEN.

Von J. GRÓH, M. WELTNER und L. SZÉLYES,
nach, unter Mitwirkung von P. Bálint, G. Csermák, J. Kovács und J. Simon durchgeführten Versuchen.

Zusammenfassung.

1. Es sind wohl definierte Unterschiede in den Absorptionsspektren der Serumglobuline der Blutgruppe *A* und *B* zu finden. Sehr auffallend ist z. B., dass sich die Absorptionsmaxima der Serumglobuline *A* in alkalischer Lösung bedeutend erhöhen («alkalische Erhöhung» = Δ_{max}), was bei den Serumglobulinen der Blutgruppe *B* nicht der Fall ist.

2. Die beiden Globulin-Fraktionen der Sera der Blutgruppe *O* — erhalten durch Sättigung mit $(NH_4)_2SO_4$ bis 30%, bezw. 30—40% — zeigen einen von dem Geschlecht abhängenden Unterschied. Bei Männern die ersten, bei Frauen aber die zweiten Fraktionen sind vom Typus *A* (wesentliche «alkalische Erhöhung»), die zweiten Fraktionen bei Männern und die ersten Fraktionen bei Frauen sind dagegen vom Typus *B* (keine oder nur kleine «alkalische Erhöhung»).

3. Wir haben Schafe mit menschlichen *A*- und *B*-Blutkörperchen immunisiert. Die Globuline der anti-*A*-Immunsera gehören dem Typus *A* (bedeutende «alkalische Erhöhung»), diejenigen der anti-*B*-Immunsera aber dem Typus *B* (keine oder nur kleine «alkalische Erhöhung»).

4. Die «alkalische Erhöhung» eines *A*-Serumglobulins wird nicht von dem β-Agglutinin hervorgerufen. Wird nämlich einem *A*-Serum das β-Agglutinin entzogen, so zeigt das Globulin die «alkalische Erhöhung» unverändert.

5. Die «alkalische Erhöhung» der *A*-Serumglobuline wird aber auch nicht durch die «Gruppensubstanz» *A* verursacht. Die *A*-Gruppensubstanzen, welche wir aus Blutkörperchen und Harn dargestellt haben, zeigten nämlich keine «alkalische Erhöhungen».

6. Wir fanden keine Unterschiede in den prozentischen Aminosäuregehalten bei den Serumglobulinen und Serumalbuminen der verschiedenen Blutgruppen.

7. Die genannten spektroskopischen Unterschiede sind wahrscheinlich auf die Isomerie der betreffenden Eiweiss-stoffe zurückzuführen.

Diese Arbeit wird bald auch in einer Deutschen Zeitschrift erscheinen.

(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften vom 23. November 1936.)

A «NEOLINARIN»-RÓL, A LINARIA VULGARISNAK ÚJ GLÜKOZIDJÁRÓL.

ZEMPLÉN GÉZA r. tagtól.

A *Linaria vulgaris* leveleiben és virágjában KLOBB[1] két glükozidot különített el, melyek közül a nehezen oldható kristályos vegyületet *linarin*nak, a könnyebben oldható, nem kristályos, kocsonyásodásra hajlamos vegyületet pedig *pectolinarin*nak nevezett el. Legújabban ezzel a két glükoziddal K. W. MERZ és Y. H. WU[2] foglalkozott részletesen. Kimutatták, hogy mindkét glükozid aglükonja a flavoncsoportba tartozik és hogy a kétféle aglukon egymástól egy methoxyl-csoportban különbözik a pectolinarin javára. Azt is kimutatta, hogy mindkettőben egy diszaccharid van jelen, amely hidrolízis alkalmával 1 molekula glükózt és 1 molekula rhamnózt ad, vagyis ugyanazokból az egyszerű cukrokból épül fel, mint az általam nemrégen vizsgált és szintétikusan is előállított «*rutinóz*».[3]

Ezért állítottam elő a kétféle glükozidot és igyekeztem a bennük levő diszaccharid szerkezetét megállapítani. Ez a munkálat folyamatban van. Közben azonban a glükozidok előállításánál egy harmadik új glükozidra bukkantam, melyet «*neolinarin*»-nak nevezek el. A glükozidnak aglükonja azonos a pektolinarigeninnel, sósavas hidrolizis folyamán pedig úgy, mint a két másik, már ismert glukozid : glükózt és rhamnózt szolgáltat.

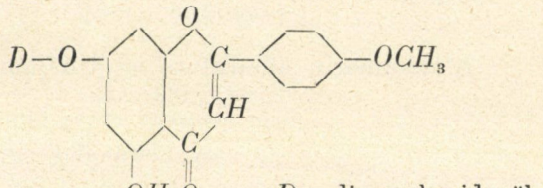
A háromféle glükozidnak eddig megállapított szerkezetét a következő szimbolumok ábrázolják :

---

[1] KLOBB: Bull. de la Soc. chim. (4) 3, 858 (1908); régebbi vizsgálatok a *Linaria vulgaris* glukozidjairól; WALZ: Jahrb. f. prakt. Pharm. 5, 148 (1840).

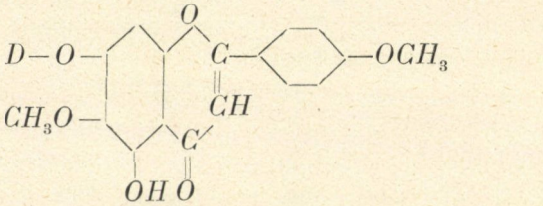
[2] K. W. MERZ u. Y. H. WU: Archiv d. Pharm. u. Ber. d. Deutsch. Pharm. Ges. 1936, 126.

[3] ZEMPLÉN GÉZA: Mat. és Termtud. Ért. 54, 208 (1936).



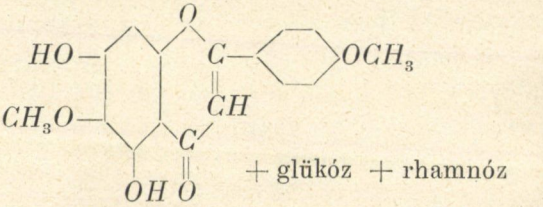
$D = $ diszaccharidgyök

linarin



pektonilarin

A neolinarin sósavas hidrolízisénél keletkező termékek:



+ glükóz + rhamnóz

pektolinarigenin =
= 5, 7-dioxy — 4′, 6-dimethoxy-flavon

Az alábbi táblázatban a háromféle glükozid jellegzetes tulajdonságait állítottam össze:

A glükozid neve	Olvadáspont	$[\alpha]_D$ jégecetben	$[\alpha]_D$ benzolban
Linarin	256°	—100·1°	—
Pektolinarin	240—250°	—	—
Neolinarin	232—233°	—118·5°	—
Linarinacetat	123—125°	—	—70·82°
Pektolinarinacetat	134—138°	—	—68·5°
Neolinarinacetat	154°, már 120°-nál puhul	—	—81·5°

KISÉRLETI RÉSZ.

A neolinarin előállítása és tulajdonságai.

4 kg szárított *Linaria vulgaris* virágzatot 24 óra hosszat extrahálunk rézextraktorban absz. alkohollal, úgy hogy az extraktum végeredményben 3 liternyi legyen. Egynapi állás után a kivált kristálytömeget leszívatjuk. Ebben foglaltatik mannit és sok cukor mellett a két, már előzetesen ismert glükozid. Az anyalúgból egyheti állás után világossárga kristályok kezdenek kiválni. Két hét után a kristálytömeg kiválása látszólag be van fejezve.

A kristálytömeget leszívatjuk és 80%-os alkoholból átkristályosítjuk. A megszárított kristálytömeg nem egységes. Meleg vízzel kioldható belőle mannit, melyet 167°-os olvadáspontjával és acetylvegyületével (124°-os olv. pont) azonosítottam. A vízben oldhatatlan részt négyszer kristályosítjuk át forró 80%-os alkoholból, mire az olvadáspont állandóvá válik: 232—233°. Könnyebben oldódik alkoholban és vizes alkoholban, mint a linarin vagy a pektolinarin. A 4 kg-ból nyertem 17 g-ot. Szine gyengén sárgás.

A neolinarin szárítószekrényen szárítva még két molekula kristályvizet tartalmaz, mely vákuumban 100°-nál való határai szárítás alkalmával távolítható el.

0·9368 g veszít 0·0482 g-ot = 5·15%.

$C_{29}H_{34}O_{15} + 2H_2O$ (mol.-súly: 658·45)-re számított érték: 5·47%.

Forgatóképesség:

$$[\alpha]_D^{18} = -\frac{2\cdot17^\circ \times 10}{0\cdot1831} = -\ 118\cdot5^\circ \text{ jégecetben.}$$

Redukcióképesség. Közvetlen redukció: 0·1432 g: 2·4 ccm $n/10$ $KMnO_4$ = 0·0075 g glükóz = 5·2% (glükóz = 100).

Hidrolízis után meghatározott redukció. A hidrolízist 5%-os sósavval 2 óra hosszat tartó forralással végeztük. I. 0·1112 g (a glukonról leszűrve): 15·2 ccm $n/10$ $KMnO_4$ = 0·0507 g glükóz = 45·6% glükóz (glükóz = 100). II. 0·1474 g (aglükonnal együtt): 19·6 ccm $n/10$ $KMnO_4$ = 0·0670 g glükóz = 45·45% glükóz (glükóz = 100).

A neolinarin-aglükonjának azonosítása a pektolinarigeninnel.

1·9836 g neolinarint 150 ccm 5%-os sósavval 2 órahosszat forralunk. Még mielőtt az anyag teljesen oldatba ment volna, megkezdődik az aglükonnak a kiválása citromsárga hosszú tűk képében. A kristályok súlya 0·87 g (43·5%).

A nyerstermék 190°-nál kezd bomlani és 197°-nál olvad. 60 ccm forró alkoholból átkristályosítva nyerünk 0·70 g terméket, melynek olvadáspontja 215—216°. Még egyszer átkristályosítva az anyagot, annak olvadáspontja nem változik. A pektolinarigenin olvadáspontja 214·5—215°. A neolinarin aglükonjával való keverék olvadáspont 215—215·5°.

Methoxylmeghatározások:

I. 0·1070 g: 0·1572 g *AgJ* = 19·41% CH_3O
II. 0·1005 g: 0·1454 g « = 19·12% «
III. 3·795 mg: 5·620 mg « = 19·57% «
IV. 4·900 mg: 7·475 mg « = 20·15% «

Pektolinarigeninra (mol.-súly 314·1) számított methoxyltartalom = 19·74%.

Acetylvegyület. 0·38 g aglükont 1 ccm pyridinnel és 3 ccm ecetsavanhydriddel 1·5 órahosszat melegítünk vízfürdőben, majd 12 ccm vízbe öntjük és a kivált nyersterméket először 15 ccm, majd 8 ccm forró alkoholból átkristályosítjuk.

Olvadáspont: 155·5 — 156·5°.

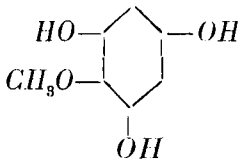
Pektolinarigenin acetat olvadáspont: 155 — 156°.

Keverék-olvadáspont: 155°.

I. 3·830 mg: 4·315 mg *AgJ* = 14·88% CH_3O
II. 3·365 mg: 3·770 mg « = 14·80% «
Diacetylpektolinarigeninre számítva: 14·98% «

Az aglükonnak lebontása alkalival. 1·5 g aglükont 8 g káliumhidroxiddal és 25 ccm vízzel nitrogénáramban 1·5 órahosszat forralunk visszacsepegő hűtőn. Az anyag vörös színnel oldódik, majd kiválás mutatkozik. Jéghűtés mellett 8 ccm víz és 8·4 g, 1·84 fajsúlyú kénsav elegyével megsavanyítjuk, mire káliumszulfát válik le, melyet leszívatunk. A csapadék megszárítva 4 g.

A szűredéket (70—80 ccm) kiéterezzük először 30 ccm, majd négyszer 20 ccm éterrel, az éteres oldatot kétszer kimossuk 10—10 ccm vízzel és az éteres oldatot szárazra pároljuk. A maradék 0·4 g. Ezt feloldjuk 2 ccm ecetéterben és 4—5 ccm chloroformot hozzáadva kristályosodni hagyjuk. Nyerünk 0·2 g kristályt, melynek olvadáspontja 186·5—187·5°, vagyis azonos az iretholéval:



irethol.

0·0770 g : 0·1176 g AgJ : 20·18% CH_3O
3·075 mg : 4·635 mg « : 19·92% «
iretholra számított érték : 19·89% «

A cukorrész vizsgálata.

A pektolinarigenin előállításánál nyert szűredéket, amelynél 1·9836 g neolinarinból indultam ki, 200 cm^3-re töltjük fel és az oldatot 22 cm hosszú csőben megpolározzuk; $\alpha = +0,31°$. Az oldat redukciója alapján 45·6% cukrot tartalmaz. 1·9836 g anyagban van tehát 0·476 g glükóz és 0·434 g rhamnóz. Ezek alapján a számított forgatóképesség a következőkből adódik ki:

$$[\alpha]_{D\ \text{Glükóz}} = + \frac{\alpha\ \text{Glükóz} \times 200}{2{\cdot}2 \times 0{\cdot}476} = + 52° ;\ \alpha\ \text{Gl.} = 0{\cdot}272$$

$$[\alpha]_{D\ \text{Rhamnóz}} = + \frac{\alpha\ \text{Rhamnóz} \times 200}{2{\cdot}2 \times 0{\cdot}434} = + 8{\cdot}5° ;\ \alpha\ \text{Rhm} = 0{\cdot}0406$$

$$\alpha\ \text{Gl.} + \alpha\ \text{Rh.} = 0{\cdot}313$$

$$[\alpha]_{D\ \text{Gl.+Rh.}} = + \frac{0{\cdot}313 \times 200}{0{\cdot}91 \times 2{\cdot}2} = + 31{\cdot}3°\ \text{számított}$$

talált forgatóképesség:

$$[\alpha]_D = \frac{0{\cdot}31 \times 200}{0{\cdot}91 \times 2{\cdot}2} = + 31{\cdot}0°.$$

Galaktózpróba. A galaktózból keletkező nyálkasav meghatározás alapján a cukorrészben galaktóz nincsen.

Rhamnózmeghatározás 0·5378 g neolinarin adott 0·0937 g methylfurfurolphloroglucid csapadékot, mely megfelel 24·9% rhamnóznak.

$C_{29}H_{34}O_{15} + 2H_2O$ (mol.-súly: 658·45)-re számított rhamnóztartalom: 24·90%.

Neolinarinacetat. Pyridin jelenlétében ecetsavanhydriddel megacetylezve színtelen, poralakú, nem kristályos acetatot szolgáltat, mely 154°-nál olvad meg, de már 120°-nál kezd puhulni.

$$[\alpha]_D^{18} = -\frac{1{\cdot}63^\circ \times 10}{0{\cdot}2000} = -81{\cdot}5^\circ \text{ benzolban.}$$

$$[\alpha]_D^{18} = -\frac{0{\cdot}78^\circ \times 10}{0{\cdot}1958} = -39{\cdot}94^\circ \text{ chloroformban.}$$

Fenti kisérletek végrehajtásánál dr. Gerecs Árpád és Tettamenti Albin voltak segítségemre, miért is nekik köszönetet mondok.

Külön hálás köszönetemet fejezem ki a M. T. Akadémia elnökségének munkálatom anyagi támogatásáért.

(A M. T. Akadémia III. osztályának 1937. jan. 18-án tartott üléséből.)

«NEOLINARIN», EIN NEUES GLIKOSID AUS LINARIA VULGARIS

Von GÉZA ZEMPLÉN O. M.

Aus den Blütenständen der *Linaria vulgaris* konnte neben Linarin und Pektolinarin ein leichter lösliches neues Glykosid isoliert werden. Das schön krystallisierende Neolinarin bildet etwas gelbliche Nädelchen, die folgende Zusammensetzung besitzen: $C_{29}H_{34}O_{15} + 2H_2O$. Das Krystallwasser entweicht bei 100° in Vakuum über Phosphorpentoxyd. $[\alpha]_D^{18} = -118{\cdot}5°$ in Eisessig. Schmelzpunkt 232—233°. Das amorphe Acetat schmilzt bei 154°, nachdem schon bei 120° eine Sinterung zu beobachten ist. $[\alpha]_D^{18} = -81{\cdot}5°$ in Benzol; $[\alpha]_D^{18} = -39{\cdot}84°$ in Chloroform. Nach zweistündiger Hydrolyse mit siedender 5%-iger Salzsäure wird Pektolinarigenin, Glykose und Rhamnose gebildet.

(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften vom 18. Januar 1937.)

A TREHALÓZNAK EGY EGYSZERŰ ELŐÁLLÍTÁSMÓDJA.

ZEMPLÉN GÉZA r. tagtól.

A trehalóz nevű diszaccharidnak előállítására kétségtelenül a *Trehala-manna* [1] a legakalmasabb, amelyben 20—25%-nyi trehalóz foglaltatik. Ez a mannaféleség azonban nagyon nehezen szerezhető be, úgyhogy csak néhány kutatónak sikerült eddig vele foglalkoznia. Ajánlották trehalóz előállítására mint nyersanyagot a Selaginelláknak bizonyos fajtáit is.[2] Azonban eltekintve a meglehetősen körülményes feldolgozást, bizonytalan az eredmény.[3] Számos gombában,[4] többek között az anyarozsban[5] is találtak trehalózt, de rendszerint ezekből is csak nagyon nehézkes módon tudták a cukrot elkülöníteni.

Más irányban folytatott kutatásaim során rájöttem a trehalóz-

---

[1] M. Berthelot: Ann. chim. phys. (3) **55**, 272, 291 (1859); E. Winterstein: Ber. d. Deutsch. chem. Ges. **26**, 3094 (1893); L. Maquenne: Comptes rendus **112**, 947 (1891).

[2] T. S. Harding: Sugar **25**, 476 (1924); Chem Zentralbl. 1924 I, 2016; R. Worms: Chem. Zentralbl. 1914 I, 1318; T. Yamashita u. F. Safo: J. pharm. Jap. **49**, 106 (1929); O. Anselmino u. E. Gilg: B. **23**, 326 (1913).

[3] T. S. Harding: Sugar **25**, 476 (1924); Chem. Zentralbl. 1924 I, 2016.

[4] E. Bourquelot: Bulletin de la soc. chim. (3) **5**, 788 (1891); **11**, 353 (1899); F. Obraton: C. r. biol. **93**, 304 (1929); E. Winterstein: Ber. Deutsch. Chem. Ges. **26**, 3094 (1893); N. Iwanow: Bioch. Zeitsch. **162**, 455 (1925).

[5] H. Wiggers: Liebigs Annalen **1**, 174 (1832); E. Mitscherlich: Journ. f. prakt. Chemie (1) **73**, 65 (1858).

nak egy nagyon egyszerű előállításmódjára, mégpedig az anyarozsból kiindulólag.

Az anyarozsot durva darává őröljük, az őrleményt legcélszerűbben benzóllal való kivonás után, folytonosan működő extrahálókészülékben 96%-os alkohollal kioldjuk, az oldatokat csökkentett nyomás alatt vastag sziruppá pároljuk, a szirupot vízzel kioldjuk, a szüredéket szénnel derítjük. A besűrített szirupokat alkohollal higítjuk, úgyhogy kereken 80%-nyi alkoholt tartalmazzanak és állni hagyjuk. Rövid időn belül az oldatból kezd kristályosodni minden oltás nélkül a trehalóz, melynek tisztítása rendkívül könnyű, vízben való oldás és alkohollal való higítás útján. Az oldatból szépen kifejlett, nagy kristályokban válik ki a teljesen tiszta cukor. 3·5 kg anyarozsból könnyűszerrel lehet 50 g trehalózt előállítani.

A kutatásokat a M. Tud. Akadémia anyagi támogatásával végeztem, amiért is az Akadémia vezetőségének hálás köszönetemet fejezem ki.

(A M. T. Akadémia III. osztályának 1936. okt. 12-én tartott üléséből.)

EINE EINFACHE DARSTELLUNG DER TREHALOSE.

Von GÉZA ZEMPLÉN O. M.

Durch langdauernde Extraktion von Mutterkorn mit Alkohol, kann aus den Extrakten ohne besondere Vorreinigung, nur durch Benutzung von Entfärbungskohle Trehalose leicht isoliert werden. Aus 3·5 kg ungarischen Mutterkorns konnten regelmässig 50 g Reinsubstanz gewonnen werden.

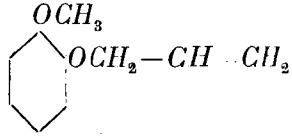
(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften vom 12. Oktober 1936.)

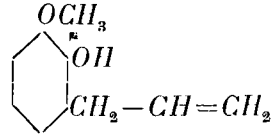
A HOMO O. VERATRUMALDEHID SZINTÉZISÉ ÉS AZ O. VERATRUMALDEHID EGY ÚJ ELŐÁLLITÁSI MÓDJA.[1]

MAUTHNER NÁNDOR l. tagtól.

A phenolallylaetherek CLAISEN[2] szerint hevítéskor oxiallylbenzolokká alakulnak át, miközben az allylgyök az oldallaneból a benzolmagba vándorol. Én már régebben alkalmaztam e reakciót[3] az anetholcsoportba tartozó vegyületek, mint az elemicin és isoelemicin szintézisére. Szintúgy e reakció útján előálló allyl- és propenylvegyületek ozonisaciója útján egyrészt az oldallaneban, másrészt a benzolmagban helyettesített aldehidek szintézisét létesítettem. A termelések azonban igen rosszak voltak, úgyhogy az aldehidek előállítása ezen a módon nem volt lehetséges. HAHN és WASSMUTH[4] vizsgálatai megállapították azon kísérleti körülményeket, amelyek alapján az osonizációt a legtöbb esetben jó termeléssel lehet eszközölni. Ez indított arra, hogy a homo o. veratrumaldehid szintézisét megkíséreljem és az o. veratrumaldehid egy kényelmes előállítási módját dolgozzam ki.

A guajacolnak allylbromiddel való hevítésekor előálló allylguajacolaether (I) magasabb hőmérsékleten o. allylguajacollá (II) alakul át.

I. 

II. 

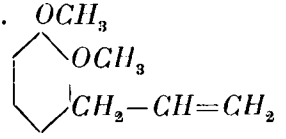
[1] A Pázmány Péter Tud. Egyetem II. sz. vegytani intézetében készült dolgozat.

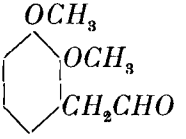
[2] Ann. der Chemie 401, 21 (1913).

[3] Ann. der Chemie 414, 250 (1919); Mat. és Termtud. Értesítő 35. köt. 633 (1918).

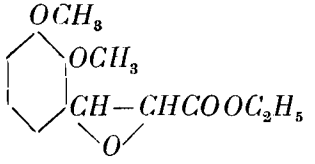
[4] Ber. 67, 696 (1934).

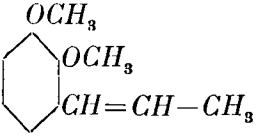
Ez utóbbi vegyületből dimethylsulfattal való metilezésnél o. allylveratrol (III) képződik:

III. 

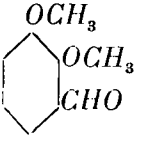
IV. 

E vegyület ozonizációja útján a homo o. veratrumaldehydet (IV) állott elő. Sikerült ezen aldehidet egy más eljárás útján is előállítani. E célból az o. veratrumaldehidet CLAISEN [1] szerint chlorecetsavaethylesterrel kondenzáltam fémes natrium jelenlétében 2, 3-dimethoxyphenylglicydsavaethylesterre (V). Az esther elszappanosítása és hevítése útján intramolekularis atomáthelyezkedés folytán a homo o. veratrumaldehid (IV) képződik.

V. 

VI. 

Az o. allylveratrol (III.) hevítésekor alkoholos kálival ez utóbbi vegyület o. isoengenollá (VI.) alakul át, amely vegyület ozonizációja útján jó termeléssel az o. veratrumaldehid (VII) képződik. Ezen eljárás

VII. 

az o. veratrumaldehidnek legkényelmesebb előállítási módja. Az o. veratrumaldehidből hippursavval való kondenzáció útján, ezt követő hidrolízis és oxidáció segélyével módszerem [2] szerint a 2, 3-dimethoxyphenylecetsav szintézisét létesítettem.

---

[1] Ber. 38, 699 (1906).

[2] Mat. és Termtud. Értesítő 28. köt. 68. l. (1910). — Ann. der Chemie 370, 368 (1910).

Kísérleti rész.

Az allylguajacolaether előállítására 60 g guajacolt 200 cm^3 szárított acetonban oldunk, 50 g allylbromidet és 55 g porított kaliumkarbonatot adunk hozzá és 8 óra hosszat visszafolyó hűtőcsővel a vízfürdőn hevítjük. Ezután a reakcióelegyet sok vízzel elegyítjük és többször aetherrel kivonjuk. Az aetheres oldatot kétszer 10%-os natronlúggal átrázzuk, chlorcalciummal szárítjuk, az oldószert lepárologtatjuk és a visszamaradó terméket vacuumban desztilláljuk, miközben az 10 mm nyomás alatt 119—129 C°-on megy át. Termelés 51 g.

Nagyobb mennyiségű allylchlorid állott rendelkezésemre és a fentebbi reakciónak eszközlésekor allylchloriddal a termelés 30 g-ra esett. Az alábbi gyakorlati fogás által, hogy a reakcióelegyhez natriumjodidet adunk, még jobb termelést sikerült elérni, mint allylbromiddal. Ezen eljárást valószínűleg sikerrel lehet majd más alkylchloridokkal végzett reakcióknál is alkalmazni. 60 g guajacolt, 50 g allylbromidet, 50 g jodnatriumot 200 cm^3 acetonban oldunk és 55 g kaliumcarbonattal 8 óra hosszat hevítjük és a fenti módon dolgozzuk fel. Termelés 54·5 g allylguajacol.

100 g allylguajacolaethert 66 g dimethylanilinnel óvatosan hevítünk és azután egy hűtőcsővel háromnegyed óra hosszat forraljuk. A reakcióelegyet aetherrel higítjuk és négyszer 10%-os kénsavval átrázzuk a dimethylanilin eltávolítására. Az aetheres oldatot calciumchloriddal szárítjuk, az oldószert ledesztilláljuk és a visszamaradó terméket vacuumban desztilláljuk. Forr p. 10 mm nyomás alatt 130 C°. Termelés 88 g.

50 g guajacol o. allylt 80 g natriumhidroxidból és 450 cm^3 vízből készített oldatban feloldunk és 67 cm^3 dimethylsulfáttal 10 percig rázzuk, miközben a reakcióelegyet hideg vízzel hűtjük. Ezután újból 67 cm^3 dimethylsulfatot adunk hozzá és újból 10 percig rázzuk. A reakcióelegyet 2 órán át forraljuk, majd 20 g natriumhidroxidet 30 cm^3 vízben oldva adunk hozzá és újból 2 óra hosszat hevítjük. A reakcióelegyet aetherrel kivonjuk chlorcalciummal, szárítjuk, az oldószert ledesztilláljuk és a visszamaradó terméket vacuumban desztilláljuk. Forr p. 14 mm nyomás alatt 122—123 C°. Termelés 47 g.

Ozonizálás: 5 g methyl o. allylguajacolt feloldunk 30 cm^3 vízmentes ecetsavaethylesterben és 4 óra hosszat 2%-os ozonáramot vezetünk rajta keresztül. A gázáram sebessége 0·116 liter volt percenként. A reakciósedényt az egész kísérlet tartama alatt hűtőkeverék segélyével —20 C°-ra hűtjük le. Ezután a reakcióelegyet vízgőzzel desztilláljuk és a desztillátumot 3-szor aetherrel kivonjuk. Az oldatot natriumsulfattal szárítjuk, az oldószert ledesztilláljuk, a maradékot 50%-os ecetsavban oldjuk és melegen p. nitrophenylhydrazin 50%-os ecetsavas oldatával elegyítjük. Rövid idő mulva a vöröses barna hydrazon kivállott és további tisztítás céljából 50%-os ecetsavból kristályosítjuk át. Olv. p. 157—158 C°.

5·270 mg anyag adott: 0·6615 cm^3 nitrogént (719 mm 24 C°).

A $C_{16}H_{17}O_4N_3$ képlet alapján a számított érték: $N = 13{\cdot}33\%$.

Kísérletileg talált érték: $N = 13{\cdot}22\%$.

A vízgőzdesztillációkor a lombikban visszamaradt oldatot aetherrel kivonjuk, az oldatot szódaoldattal átrázzuk, az utóbbit megsavanyítjuk és aetherrel kivonjuk. Az aetheres oldatot natriumsulfáttal szárítjuk, az oldószert ledesztilláljuk és a visszamaradó termék mihamar megdermed. A további tisztítás céljából a terméket ligroinból kristályosítjuk át. Olv. p. 82—83 C°, mint azt KRANNICHFELDT[1] a más úton előállított 2,3-dimethoxyphenylecetsav olvadáspontja gyanánt megadta.

4·098 mg anyag adott: 9·172 mg CO_2-t és 2·296 mg H_2O-t.

A $C_{10}H_{12}O_4$ képlet alapján a számított értékek:

$$C = 61{\cdot}22\%, \quad H = 6{\cdot}13.$$

Kísérletileg talált értékek: $C = 61{\cdot}04\%$, $H = 6{\cdot}22\%$.

20·5 g veratrumaldehidet 18·2 g chlorecetsavaethylestert 25 cm^3 töményaetherben oldunk, 5 g fonallá sajtolt fémes nátriumot adunk hozzá és visszafolyó hűtőcsővel látjuk el. A reakciót egynéhány csepp töményalkohol hozzáadása által indítjuk meg és a reakcióelegyet hűtőkeverék segélyével —20 C°-ra hűtjük le. Körülbelül egy óra alatt a reakció befejeződött, midőn a kivállott sókat leszűrjük és többször aetherrel kimossuk. Az egyesített aetheres kivonatokat

[1] Ber. 46, 4017 (1913).

ledesztilláljuk és a visszamaradó terméket vacuumban desztilláljuk, miközben a 2,3-dimethoxyphenylglicidsavaethylester 14 mm nyomás alatt 195 C°-on mint színtelen olaj desztillál át.

3·088 mg anyag adott: 6·980 mg CO_2-t és 1·802 mg H_2O-t.

$C_{13}H_{16}O_5$ képlet alapján a számított értékek: $C = 61·90\%$, $H = 6·35\%$.

Kísérletileg talált értékek: $C = 61·64\%$ $H = 6·54\%$.

A fenti reakciónál nyert sókeverék 3 g-ját, mely 2,3-dimethoxyphenylglicidsavas nátriumból és konyhasóból áll, feloldunk 30 cm³ vízben, az oldatot szűrjük és 2 g hidroxylaminchlorhidrat kevés vízben való oldatával elegyítjük. Az oldatot félóra hosszat, miközben a dimethoxyphenyl-glicidcarbonsav, széndioxid fejlődés közben átalakul homo o. veratrumaldehiddé, mely vegyület a hidroxylamin hatására oximet létesít. Ezután annyi vizet adunk a reakcióelegyhez és forraljuk, amíg az oxim teljesen fel nem oldódik. Az oldatot melegen szűrjük, melynek lehűlésekor az oxim kikristályosodik. A terméket agyagtányéron szárítjuk ki és további tisztítás céljából ligroinból kristályosítjuk át. Színtelen tűkben válik ki, amelyek 92—93 C°-on olvadnak.

4·995 mg anyag adott: 0·3360 cm³ nitrogent (24 C°, 722 mm).

A $C_{10}H_{13}O_3$ N-képlet alapján számított érték: $N = 7·17\%$. Kísérletileg talált érték: $N = 7·12\%$.

Az o. veratrumaldehid előállítására az o. allylguajacolt a következőképpen alakítjuk át o. isoengenollá: 128 g kaliumhidroxidból és 64 cm³ vízből készített oldatba keverés közben hozzáadunk 64 g o. eugenolt és három óra hosszat olajfürdőben 170 C°-ra hevítjük. A reakcióelegyet lehűtjük, vízben oldjuk és óvatosan sósavval megsavanyítjuk. A kiállott terméket aetherrel kivonjuk, chlorcalciummal szárítjuk és az oldószert ledesztilláljuk. A visszamaradt anyagot vacuumban desztilláljuk, miközben a termék 12 mm nyomás alatt 133—138 C°-on desztillált át. A termék nemsokára részben megdermedt, most szűrjük és a kiállott szilárd o. isoeugenolt agyagtányéron szárítjuk ki. Termelés 20 g. A szűrletből (20 g) újból o. isoeugenol válik ki, melyet leszűrünk és a szűrletet újból az átváltoztatáshoz alkalmazzuk.

33 g kristályos o. isoeugenolt 52 g natriumhidroxidból és 350 g vízből készített oldatban oldjuk és 45 cm³ dimethylsulfáttal

külső hűtés közben 15 percig jól összerázzuk. Ezután újból 45 cm³ dimethylsulfátot adunk hozzá és újból 10 percig rázzuk. A reakciós elegyet visszafolyó hűtőcsővel két óra hosszat forraljuk, azután 15 g natriumhidroxidból és 30 cm³ vízből készített oldatot adunk hozzá, majd újból két óra hosszat hevítjük. A reakcióselegyet aetherrel kivonjuk, az oldatot chlorcalciummal szárítjuk, az oldószert ledesztilláljuk és a visszamaradó terméket vacuumban desztilláljuk, miközben az 12 mm nyomás alatt 128—129 C°-on desztillál át. Termelés 29·5 g. Az ozonizáláshoz 5 g anyagot feloldunk 30 cm³ vízmentes ecetsavaethylesterben és 4 óra hosszat egy 2%-os ozonáramot vezetünk rajta keresztül, miközben a reakciósedényt hűtőkeverék segélyével állandóan —20 C°-ra hűtjük. A gázáram sebessége 0·116 liter volt percenként. Ezután a reakcióselegyet vízgőzzel desztilláljuk, miközben az o. veratrumaldehid körülbelül egy óra alatt átdesztillál. A desztillátumokat lehűtjük, miközben az aldehid legnagyobb része kikristályosodott melyet leszűrünk és az anyalúgot az aetherrel kivonjuk, miáltal az aldehid vízben oldott részét is kinyerjük. Termelés 2·2—2·4 g. Az aldehid további azonosítása céljából még p. nitrophenylhydrazinnel 50%-os ecetsavas oldatban a p. nitrophenylhydrazont állítottam elő, melynek olvadáspontját előző adataimmal[1] egyezőleg 205—206 C°-on találtam.

5·482 mg anyag adott: 0·697 nitrogént (19 C°, 727 mm).

$C_{15}H_{15}O_4N_3$ képlet alapján a számított érték: $N = 13{\cdot}95\%$.

Kísérletileg talált érték: $N = 13{\cdot}90\%$.

5 g o. veratrumaldehidet 7 g hippursavat 2·5 g vízmentes natriumacetatot és 13 cm³ ecetsavanhidridet 2 óra hosszat a vízfürdőn hevítjük. A képződő azlactont alkohollal elegyítjük, szűrjük és vízzel jól kimossuk, majd körülbelül egy liter forró alkoholból kristályosítjuk át. Termelés 6·9 g. Sárga tűkben válik ki, amelyek 169—170 C°-on olvadnak.

9·850 mg anyag adott: 0·398 cm³ nitrogént (15 C°, 750 mm).

A $C_{18}H_{15}O_4N$ képlet alapján a számított érték: $N = 4{\cdot}53\%$.

Kísérletileg talált érték: $N = 4{\cdot}64\%$.

5 g azlactont 50 cm³ 10%-os natronlúggal 5 óra hosszat vissza-

[1] Journ. prakt. Chemie 112, 64 (1926).

folyó hűtőcsővel hevítjük. Ezután az oldatot jeges vízzel lehűtjük, majd lassacskán hűtés közben 25 cm^3 3%-os hidrogensuperoxid-oldattal elegyítjük és az oldatot közönséges hőmérsékleten éjjelen át állni hagyjuk. Az oldatot híg kénsavval megsavanyítjuk és 5 óra hosszat vízgőzzel desztilláljuk a benzoesav eltávolítására. A lombik tartalmát többször aetherrel kivonjuk, natriumsulfáttal szárítjuk és az oldószert ledesztilláljuk. A visszamaradó termék mihamar megdermed és további tisztítás céljából ligroinból kristályosítjuk át. Termelés 1·8 g. A vegyület 82—83 C°-on olvadt KRANNICHFELDT adataival [1] egyezőleg.

4·686 mg anyag adott: 10·540 mg CO_2-t és 2·646 mg H_2O-t.

A $C_{10}H_{12}O_4$ képlet alapján a számított értékek: $C = 61·22\%$, $H = 6·12\%$.

Kísérletileg talált értékek: $C = 61·28\%$, $H = 6·27\%$.

[1] Loc. cit.

(A M. T. Akadémia III. osztályának 1937. jan. 18-án tartott üléséből.)

DIE SYNTHESE DES HOMO O. VERATRUMALDEHYDS UND EINE NEUE DARSTELLUNGSWEISE DES O. VERATRUMALDEHYDS.

Von F. MAUTHNER korresp. Mitglied.

Die Phenolallylaether lagern sich nach CLAISEN[1] beim Erhitzen in Oxyallylbenzole um wobei die Allylgruppe von der Seitenkette in den Benzolkern wandert. Ich benützte diese Reaktion schon vor längerer Zeit[2] zur Synthese der zur Anetholgruppe gehörenden Verbindungen, wie des Elemicins und Isoelemicins. Auch habe ich durch diese Reaktion gewonnenen Allyl- und Propenylverbindungen durch Ozonisation in der Seitenkette oder im Kern substituierten Aldehyde übergeführt. Die Ausbeuten waren jedoch damals sehr schlecht, so dass eine präparative Darstellung der Aldehyde auf diesem Wege nicht möglich war. Durch die Untersuchungen von HAHN und WASSMUTH[3] sind nun die experimentellen Bedingungen festgestellt worden, wodurch man in den meisten Fällen die Osonisationen zu den entsprechenden Aldehyden mit guten Ausbeuten durchführbar sind. Dies veranlasste mich auf diesem Wege den noch unbekannten Homo o. veratrumaldehyd zu synthetisieren und eine bequeme Darstellungsweise des o. Veratrumaldehyds auszuarbeiten.

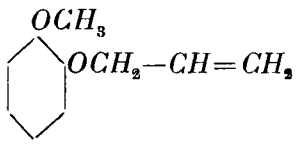
Durch Erhitzen von Guajacol mit Allylbromid entstehende Allylguajacolaether (I) lagert sich

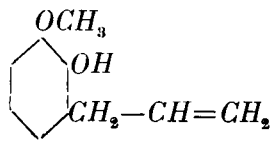
---

[1] Ann. der Chemie 401, 21 (1913).

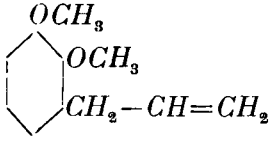
[2] Ann. der Chemie 414, 250 (1919).

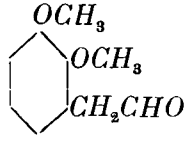
[3] Ber. 67, 696 (1934).

I. 

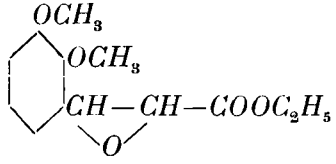
II. 

beim Erhitzen in o. Allylguajacol (II), um aus welcher Verbindung man mittelst Alkylierung mit Dimethylsulfat das o. Allylveratrol (III) erhält:

III. 

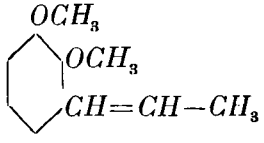
IV. 

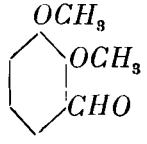
Bei der Ozonisation dieser Verbindung entsteht der Homo o. veratrumaldehyd (IV). Es gelang diesen Aldehyd auch nach einer anderen Methode zu gewinnen, indem der o. Veratrumaldehyd nach CLAISEN mit Chloressigsäureaethylester bei Gegenwart von metallischem Natrium[1] zum 2,3-Dimethoxyphenylglicydsäureaethylester (V) kondensiert wurde. Diese Verbindung

V. 

verseift und erhitzt geht durch intramolekulare Umlagerung in Homo o. veratrumaldehyd (IV) über.

Durch Erhitzen des o. Allylveratrols (III) mit alkoholischem Kaliumhydroxyd geht dieselbe in o. Isoeugenol (VI) über, dessen Ozonisierung in guter Ausbeute

VI. 

VII. 

[1] Ann. der Chemie 370, 368 (1910).

den o. Veratrumaldehyd (VII) liefert. Dies stellt die bequemste Darstellungsweise des o. Veratrumaldehyds dar. Aus dem Aldehyd gewann ich durch Kondensation mit Hyppursäure, darauffolgende Spaltung und Oxydation nach meiner Methode [1] die 2,3-Dimethoxyphenylessigsäure.

[1] Ann. der Chemie 370, 868 (1910).

(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften vom 18. Januar 1937.)

A HIDROGÉN TÚLFESZÜLTSÉGE HIGANYKATÓDON.

NÁRAY-SZABÓ ISTVÁN-tól.

Tudvalevő, hogy a hidrogénelektród megfordítható (egyensúlyi) potenciálját valamely oldattal szemben a NERNST-képlet adja meg, amely szerint egy atm. nyomásnál és T abszolút hőfokon

$$E_H = E_o + \frac{RT}{F} ln f_H m \qquad (1)$$

ahol E_o a hidrogén abszolut potenciálja, R a gázállandó, $F = 96{,}494$ coulomb, f_H az oldat hidrogéniónaktivitási együtthatója, végül m az oldat molaritása. Megegyezés szerint E_o értékét 0-nak tekintjük.

Ezzel a képlettel a megfordítható hidrogénelektród potenciálja egyensúly esetére egyértelműleg meg van határozva. Azonban természetesen nem áll fenn többé egyensúly akkor, ha az elektródon áram halad át, akár pozitív, akár negatív irányban.

Abban az esetben, ha valamely elektródon hidrogént választunk le elektrolízis útján, a katód potenciálja különbözni fog a megfordítható hidrogénelektród potenciáljától, még pedig minden esetben negatívabb (kevésbbé nemes) lesz annál.

Azt a különbséget, amely a hidrogénfejlesztő elektród potenciálja és a megfordítható hidrogénpotenciál közt mutatkozik, túlfeszültségnek nevezzük. Tekintettel arra, hogy áram áthaladása esetén az elektród közelében a hidrogéniónaktivitás ($f_H m$) megváltozik, ennek következtében fellép az ú. n. koncentrációs polarizáció; a túlfeszültség azonban a legtöbb esetben ennél lényegesen nagyobb. Méréseknél a túlfeszültséget a koncentrációs polarizációval össze szokták foglalni.

Eltekintve a túlfeszültség jelenségének általános elméleti fontosságától, — amely az elektrolízis jelenségével kapcsolatban nyilvánvaló — gyakorlati szempontból is igen lényeges a túlfeszültség kutatása. Nagyon sok technikai elektrolízisnél fejlődik hidrogén; elég itt csak a vízelektrolízisre és az alkálikloridelektrolízisre rámutatni. Ezeken kívül azonban minden elektrolites redukáló folyamat (pl. organikus redukciók stb.), továbbá a fémkorrózió gazdasági szempontból súlyos jelentőségű kérdése, végül a katalizátorprobléma a legszorosabban összefüggenek a túlfeszültséggel, melynek ismerete tehát a tiszta és alkalmazott elektrokémia több területén fontos.

A túlfeszültséget először PIRANI (1884) (1) és CASPARI (1899) (2) vizsgálták. Megállapították, hogy platinázott platinakatódon hidrogénfejlesztésnél csak igen csekély feszültségtöbblet lép fel a megfordítható hidrogénelektróddal szemben, viszont más fémből készült katódokon a túlfeszültség nagyobb és lényegesen függ a katód anyagától. Az általuk és még számos későbbi szerző által használt módszer az ú. n. minimális túlfeszültség mérésére irányult, amely alatt az ép még látható buborékképződésnél fellépő potenciált értették. Újabb vizsgálatok alapján azonban kétségtelenül kiderült, hogy *minimális túlfeszültség nem létezik*, t. i. akármilyen csekély feszültségtöbbletet alkalmazunk is hidrogénelektródon az egyensúlyi potenciállal szemben, fejlődik hidrogén, éspedig a FARADAY-törvény által előírt mennyiségben. Ezek szerint minimális túlfeszültségről beszélni nem lehet, viszont egészen egyértelműleg megállapítható, hogy a túlfeszültség a katódos áramsűrűséggel együtt nő. Meg kell tehát adni a túlfeszültség és az áramsűrűség összefüggését. A mérés két különböző módszerrel történhet: direkt vagy indirekt (kommutátoros) módszerrel. Direkt mérésnél elektrolízis közben mérjük a katódpotenciált egy segédelektróddal szemben, melynek összekötő csöve lehetőleg közel van a katódfelülethez, hogy ily módon az elektrolízis közben előálló ohmikus feszültségesést ne mérjük hozzá a katódpotenciálhoz, illetve hogy az ily módon keletkező kísérleti hiba elhanyagolható legyen. Könnyen belátható, hogy az áramsűrűség növekedésével a velemért ohmikus feszültségesés is nő, így tehát a mérés pontossága csökken. Nagy áramsűrűségeknél azonban még egy, igen lényeges körül-

mény is közrejátszik: t. i. a beálló, mind rohamosabb buborékképződés folytán a katódfelületnek az elektrolízisben szerepet játszó része mindinkább csökken, másszóval a valódi áramsűrűség nagyobb, mint az egész katódfelületre vonatkoztatott áramsűrűség. Azonban a valódi áramsűrűség nem is mérhető, így tehát a mérésbe mind több bizonytalanság kerül. Az eddigi szerzők, valamint saját tapasztalataim alapján a direkt mérések felső határa a 10^{-3} Amp/cm^2 nagyságrendnél van. Régebbi szerzők ennél jóval nagyobb áramsűrűséggel is végeztek kísérleteket, eredményeik azonban csak közelítő értékeknek tekinthetők.

Indirekt vagy kommutátoros módszernél az áramsűrűséget közvetlenül az áram megszakítása után mérjük. Kiderült azonban, főleg KNOBEL (3) kutatásai alapján, hogy a túlfeszültség az áram megszakításának pillanatában rohamosan esik és így a mérések nem adnak használható eredményeket. Ennek oka főleg az, hogy a katódnak mint hidrogénelektródnak, igen csekély elektrokémiai kapacitása van.*

Már LEBLANC (4) vizsgálataiból kitűnt, hogy az elektródpotenciál elektrolízisnél erősen függ az áramsűrűségtől. Teljesen általános az a jelenség, hogy nagyobb áramsűrűség alkalmazása esetén a katódpotenciál negatívabbá, az anódpotenciál pedig pozitívabbá lesz.

A hidrogén túlfeszültségét szabatosabb vizsgálat tárgyává először TAFEL (5) tette (1905). Megállapította azt a ma is érvényes összefüggést, hogy a túlfeszültség (η) az áramsűrűség logaritmusával egyenes arányban változik

$$\eta = a + b \log I/q, \qquad (2)$$

ahol I az intenzitás, q a katódfelület (tehát I/q az áramsűrűség), a és b állandók. Az a állandó értéke minden fémnél más és más; ez felelne meg többé-kevésbbé a minimális túlfeszültségnek, bár a képlet természetesen nem érvényes igen kis áramsűrűségeknél

* Nagy elektrokémiai kapacitás esetén, pl amalgámoknál, a kommutátoros mérés helyes eredményt ad. Egyes szerzők még TAFEL után is ragaszkodnak a minimális túlfeszültség fogalmához, pl. THIEL és HAMMERSCHMIDT (6) (1923).

(ha $\eta < 0{\cdot}030$ volt), ahol a logaritmus igen nagy negatív értékeket vesz fel.

Ha összehasonlítjuk az irodalmi adatokat, igen sokszor egymással ellentmondó állításokat találunk. Egészen eltekintve a minimális túlfeszültség látszólagos értékeitől, az áramsűrűség-túlfeszültség görbék sem egyeznek eléggé az egyes kutatóknál. Ez annak tulajdonítható, hogy kevéssé ismert körülmények rendkívül nagy mértékben befolyásolják a túlfeszültség értékét, amiáltal a reprodukálhatóság igen romlik. Egyensúlyi elektródpotenciálok a megfelelő körülmények gondos betartásával század, sőt néhány ezred millivolt pontossággal mérhetők; a túlfeszültség reprodukálhatósága azonban a legkedvezőbb esetben sem haladja túl az egy millivoltot, legtöbbször azonban ez sem érhető el.

Bár a kísérleti adatok nem voltak eléggé megbízhatóak és egyértelműek, számos «fizikai» és «kémiai» elméletet alkottak a túlfeszültség jelenségeinek megmagyarázására, melyek mind abból a közös alapgondolatból indulnak ki, hogy a túlfeszültség oka a hidrogénleválás folyamatának, illetve valamely részfolyamatnak véges sebessége. TAFEL (5) volt az első, aki meg tudta magyarázni a túlfeszültség-áramsűrűség görbe logaritmikus lefolyását, sőt a 2) egyenletben fellépő b állandó értékét is kiszámította, mely szerinte 25°-on 0·029 volt.

A kísérletek azonban a legtöbb esetben ennél nagyobb b-értékeket mutattak, leginkább 0·100—0·140 közt. Kétségtelen, hogy az újabb és gondosabb mérések eredményei közt kevesebb az eltérés, de korántsem mondható, hogy a b független az elektród anyagából, már pedig ez TAFEL egyenletében nem szerepel.

Ilyen körülmények közt kívánatosnak látszott megbízható kísérleti anyagot szerezni annak az eldöntéséhez, hogy a lehető legnagyobb tisztaság mellett hogyan alakul a túlfeszültség értéke. Ebből a célból higanyt választottam katódnak, mert ez a fém aránylag könnyen állítható elő igen tiszta állapotban anódikus kezelés útján.* Ezenkívül felülete folyékony állapotban ideálisan síma és az elektrolízis folyamán sem változik, ami igen nagy előny más fémekkel szemben. Ugyancsak nagy gondot fordítottam az elektrolit

* BRUMMER u. NÁRAY-SZABÓ: Z. f. Elektrochem. 31, 95 (1924).

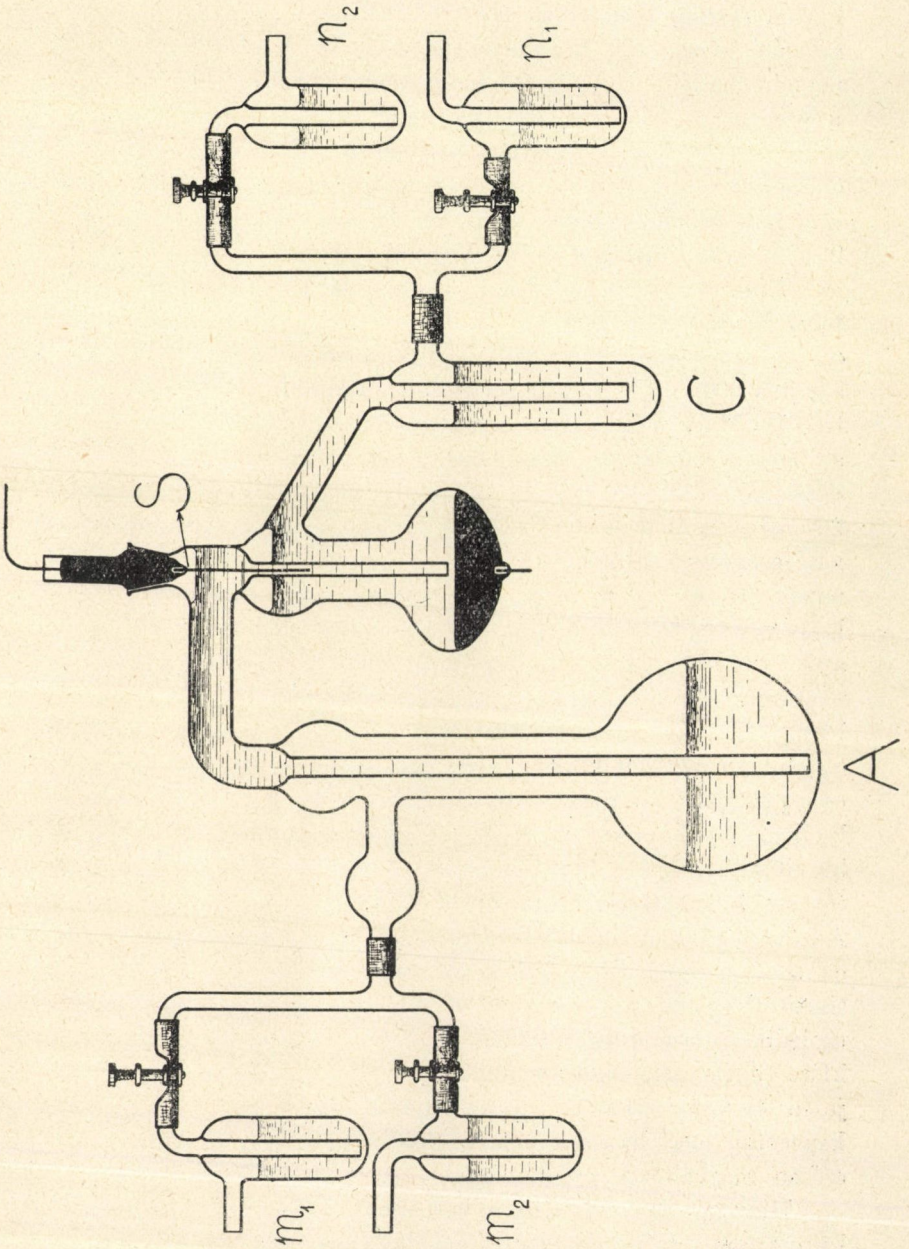
tisztaságára. Többször desztillált «vezetőképesség-vízzel» készítettem oldataimat MERCK pro analysi kénsav, illetve sósavból. Maga az elektrolizáló készülék pedig jénai üvegből készült és olyan berendezésű volt, hogy az elektrolit kizárólag csak üveggel érintkezhetett. Csapokat mellőztem, hogy a zsír nyomait is kizárjam. Az elektrolit oxigénmentesítése, ami nagyon lényeges, magában a készülékben történt. Hosszabb használat után feltehető volt, hogy az edény üvegfalából már nem oldódnak ki olyan szennyezések, amelyek a katódon leválva a túlfeszültséget befolyásolhatták volna. Ezek az óvatossági rendszabályok igen fontosak, tekintettel arra, hogy pl. alkálifém nyomait tartalmazó oldatból elektrolízisnél amalgám keletkezhetnék a katódon, amiáltal a túlfeszültség is megváltoznék.

Igen nagy gondot kell fordítani arra is, hogy az anódtérből ne juthassanak depolarizáló anyagok (*Cl*, O_2, *HgCl* stb.) a katódtérbe. Ezeknek «depressziót» előidéző, vagyis a túlfeszültséget csökkesítő hatását már TAEFEL (5) is észrevette, de nem gondoskodott a kiküszöböléséről. Megjegyzendő, hogy TAFEL nagy áramsűrűségekkel dolgozott (egészen 200 mA/cm^2-ig), amikor ez a hatás kevésbbé lényeges, mint kis áramsűrűségeknél. Újabb szerzők rámutattak az elektrolit oxigénmentesítésének fontosságára is. Érthető, hogy nagy áramsűrűségnél az elnyelt oxigén hatása is csekélyebb, mert a katódon fejlődő nagymennyiségű hidrogént nem tudja érezhető módon csökkenteni; igen kis áramsűrűségeknél azonban teljesen meghamisíthatja az eredményt. Teljesen azonos hatású a klór is; higannyal végzett kísérleteknél pedig rendkívül fontos a higanyoxid és a merkuroklorid távoltartása.

TAFEL, továbbá BOWDEN (7) és más szerzők kétségtelenül megállapították, hogy a túlfeszültség savas oldatokban független a hidrogéniónaktivitástól, hacsak nem túlságosan híg (0·01 n), vagy túlságosan tömény oldatokkal dolgozunk. Az elektrolit befolyásának ellenőrzésére kénsavas oldatok mellett sósavval is dolgoztam.

Kísérleti rész.

Több előzetes kísérlet után az 1. rajzon látható készüléket konstruáltam, amely teljesen jénai üvegből készült. Ez a készülék


n2
n1
C
S
A
m1
m2

három részből áll: A az elektrolit előzetes oxigénmentesítésére szolgáló üveggömb, B a katódtér, mely az S segédelektródot is magábanfoglalja, C egy mosó, mely anódtérül szolgál. Segédelektród a sósavas kísérleteknél ezüstkloriddal bevont ezüstdrót, a kénsavas kísérleteknél platinázott platinadrót volt; utóbbi a készülék elrendezése folytán tiszta hidrogénnal érintkezett, tehát mint normál hidrogénelektród szerepelt. Az $Ag/AgCl$ elektród potenciálját 2 n sósavban $E_H = +\ 0{\cdot}188$ Voltnak vettem.

Kísérlet előtt a készüléket jól kimosva tökéletesen kiszárítottam. Ezután a MERCK pro analysi savakból többször desztillált «vezetőképesség-vízzel» készült kétszer normál sósavat, illetve kénsavat a 300 cm^3 térfogatú A lombik baloldali csövén át öntöttem be. Majd a becsiszolt segédelektródot kiemelve beöntöttem az erélyes anódikus tisztitással és kétszeri, vákuumban való desztillálással megtisztított higanyt, melynek felszíne mindig 20 cm^2 volt. Most a segédelektródot visszatéve, az A lombik bevezető csövéhez, valamint a C anódtér kivezető csövéhez két-két kis mosót (m_1 és m_2, n_1 és n_2) kapcsoltam ellentétes irányban, úgyhogy egyiken bevezetni, a másikon kivezetni lehetett a gázt. Ekkor a C anódtérhez kapcsolt n_1 mosón át ízzó rézkályhán, kénsavon és nátronlúgon való átáramoltatással tisztított hidrogént vezettem be egy-két óráig, mely az elektroliten átbuborékolva a benne oldott oxigént tökéletesen kiűzte, és m_1 mosón át távozott (e közben n_2 és m_2 szorítócsapjai zárva voltak). Ezután m_1 és n_1 szorítócsapjait lezárva, m_2-be vezettem hidrogént és egyszersmind n_2 csapját is kinyitottam, mire a hidrogén az oxigénmentes elektrolitot átszorította a B katódtérbe, majd innen a C anódtérbe (l. az 1. rajzot). A folyadék legnagyobb részét átáramoltattam a katódtéren, azután az n_1 és n_2 mosókat eltávolítva a C anódtér oldalcsövén egy frissen tisztított ezüstdrótot vezettem be, amely az elektrolizisnél anódul szolgált és az áram áthaladásánál fejlődő csekély mennyiségű klórt tökéletesen lekötötte, miáltal a depolarizáció lehetősége teljesen ki volt zárva. A higanyfelületet már előre katódnak kell kapcsolni, mert ha csak pillanatig polarizálódik anódikusan, már erősen megváltozik a túlfeszültség.

Hidrogén helyett néha a leírt módon tisztított nitrogént is használtam; ez az eredményt egyáltalában nem befolyásolta.

A kénsavas kísérleteknél anódul platinázott platinadrót szolgált. Így természetesen fejlődik az anódtérben oxigén, de az elrendezés olyan, hogy a kísérlet ideje alatt nem juthatott be a katódtérbe.

A tulajdonképpeni kísérlet megkezdése előtt legalább 15 perccel igen kis áramsűrűséggel (0·0005 mA/cm^2) katódosan polarizáltam a higanyt, ezután DIESSELHORST-féle kompenzátorral mértem a potenciálkülönbséget a segédelektród és a higany közt, majd nagyobb áramsűrűséget beállítva ismételtem a mérést. A legnagyobb áramsűrűséghez tartozó túlfeszültség lemérése után csökkentettem az áramsűrűséget és ugyanazon áramsűrűségekre lefelé haladva is megmértem a túlfeszültségeket. Árammérésre egy sorbakapcsolt HARTMANN & BRAUN-féle Multavi-műszer és egy M. KOHL-gyártmányú mutatós Deprez-műszer szolgáltak, utóbbinak egy osztályrésze 0·01 mA-nek felelt meg (nagyobb áramerősségeknél ezt a műszert rövidre zártam).

Kísérleteimből kiderült, hogy a túlfeszültség a különböző kísérleti körülményektől igen nagy mértékben függ. Nemcsak a túlfeszültség abszolút értéke, hanem az áramsűrűséggel való változása is rendkívül érzékenyen reagál minden legkisebb szennyezésre. Ennek következtében ugyanazon kísérlet közvetlen megismétléssel is csak akkor reprodukálható, ha igen gondosan ügyelünk arra, hogy közben minden körülmény változatlanul maradjon. Az analitikailag semmiképpen ki nem mutatható szennyezések kiküszöbölésére igen hatásosnak bizonyult a gyenge árammal (0·01 mA) való hosszabb elektrolízis. E nélkül a kapott görbe nem felelt meg a TAFEL-egyenletnek, viszont huzamosabb elektrolízis folytán mindig jobban közeledett hozzá.

Kísérleteim eredményét az I. Táblázatban foglaltam össze. Ebből mindenekelőtt azt láthatjuk, hogy a TAFEL által megadott logaritmikus összefüggés igen jól teljesül. Az egyenestől való eltérések csekélyek és rendszertelenek, amint ezt $\eta_{mért}$ és $\eta_{számít.}$ különbségeiből látjuk; ezek a kis eltérések csak a kísérleti hibáknak tulajdoníthatók. Megjegyzendő, hogy egyenes diagrammokat csak olyan kísérleteknél kapunk, amelyeknél előzetesen hosszabb elektrolízist végeztünk árammal; egyébként a logaritmikus görbék hajlást mutatnak.

I. Táb-

Mért és számított túlfeszültségek (η) higany-

I/q 10^{-6} Amp/cm²	1. kísérlet		2. kísérlet		3. kísérlet		4. kísérlet		5. kísérlet	
	η m.	η sz.	η m.	η sz.	η m.	η sz.	η m.	η sz.	η m.	η sz.
	mV									
0·5	447	449	454	460	489	515	—	—	523	534
2·5	534	530	540	546	589	593	610	615	582	575
5	570	565	590	584	618	615	643	640	608	596
10	605	600	625	621	646	642	668	665	625	618
25	644	646	674	670	678	681	699	698	645	647
50	675	681	705	707	706	710	721	721	665	668
100	712	715	739	745	734	739	743	746	685	690
250	763	762	—	—	775	778	772	779	714	719
500	—	—	—	—	—	—	797	804	738	741
250	763	762	—	—	775	778	—	—	712	716
100	710	712	739	745	736	744	—	—	682	683
50	674	674	704	707	706	708	—	—	661	659
25	637	636	669	670	672	672	—	—	632	634
10	584	586	625	621	623	622	—	—	594	601
5	547	548	589	584	585	588	—	—	579	576
2·5	509	510	546	546	552	552	—	—	544	552
0·5	—	—	452	460	462	468	—	—	482	494
Elektrolit:	*2nHCl*		*2nHCl*		*2nHCl*		*2nHCl*		*2nHCl*	
Előzetes elektrolízis tartama óra:	24 óra		29 óra		53 óra		2 óra		6 óra	
TAFEL-egyenlet együtthatói:										
a	—0·484V		—0·497		—0·544 (fel), —·508 (le)		—0·582		—0·546	
b (fel)	—0·116		—0·124		—0·097		—0·083		—0·072	
b (le)	—0·126		—0·124		—0·120		—		—0·082	

lázat.

katódon, mV-okban (az előjel mindig negativ).

6. kísérlet		7. kísérlet		8. kísérlet		9. kísérlet		10. kísérlet	
η m.	η sz.	η m.	η sz.	η m.	b m.	η m.	η sz.	η m.	η sz.
					mV				
1003	1017	1106	1127	—	—	482	490	496	494
1072	1071	1166	1166	1860	332	532	536	550	555
1094	1091	1183	1179	1980	312	556	556	576	581
1114	1111	1198	1195	2074	397	576	576	602	607
1137	1138	1218	1217	2232	528	597	602	637	642
1154	1158	1235	1234	2406	850	622	622	670	668
1175	1178	1255	1250	2662		642	642	707	694
1207	1205	1289	1272	—		—	—	—	—
—	—	—	—	—		—	—	—	—
1207	1205	1289	1272	—		—	—	—	—
1172	1178	1254	1247	2662		642	642	707	694
1152	1156	1232	1228	2402	864	612	617	668	661
1136	1133	1212	1208	2228	578	587	592	634	628
1107	1103	1188	1183	2070	397	557	559	584	584
1187	1081	1170	1164	1976	279	532	534	550	551
1062	1058	1146	1144	1878	325	502	509	517	518
991	1006	1072	1099	—		462	451	449	440
$2nH_2SO_4$		$2nH_2SO_4$		$2nH_2SO_4$ + +0·4 mg As_2O_3		$2nHCl$ + +0·035 mg $PtCl_4$ ($5 \cdot 10^{-7}$ m)		$2nHCl$ + 0·014 mg $PtCl_4$ ($2 \cdot 10^{-7}$ m) kevés oxigént is tartalmaz	
8 óra		6 óra		24 óra		4 óra		4 óra	
—1·044		—1·044		—		—0·510		—0·520	
—0·067		—0·055		—		—0·066		—0·087	
—0·075		—0·064		—		—0·083		—0·110	

TAFEL egyenletében két állandó szerepel: a és b. Ezek közül a b értéke, mint azt már többen megállapították, független a hidrogénionaktivitástól ($p_H = 0{\cdot}9$—$6{\cdot}6$ közt). Az irodalomban alig foglalkoznak az a értékével, mert ennek reprodukálhatósága nem a legjobb és eddig még ismeretlen módon függ számos mellékkörülménytől. Ebben a tekintetben kísérleteim érdekes eredményre vezettek: 2 n sósavban az a értéke lényegesen kisebb, éspedig 0·484—0·582 Volt közt változott, míg 2 n kénsavban értéke 1·044 Volt (az áramsűrűséget 10^{-6} Amp/cm^2 egységben mérve). A kénsavra vonatkozó adat jó egyezésben van BOWDEN és RIDEAL (8) munkájával, akik a értékét 2 n kénsavban 1·040 Voltnak találták (ez az érték sajnos nincs táblázatban megadva, csak a közölt grafikonból olvasható le). BOWDEN (7) 1·00 Voltot talált, ugyancsak grafikonból véve. TAEFEL (5) és GLASSTONE (9) adatai nehezen hasonlíthatók össze, mert ezek a kutatók sokkal nagyobb áramsűrűségekkel dolgoztak.

Az irodalomban inkább a b meghatározására vetnek nagyobb súlyt, kísérleti és elméleti szempontból egyaránt. Az eredmények itt meglehetősen különbözők. TAFEL higanyon 0·111-et mért, BOWDEN 0·105 körül, BAARS (10) 0·147-et. Ezeket az eltéréseket részben megmagyarázza az a tény, hogy a túlfeszültség függ a katód görbületétől is — bizonyára az áramsűrűség asszimetrikus megoszlása következtében. Ennekfolytán csak olyan értékek hasonlíthatók össze, melyeket síkfelületű katódon mérünk (eltekintve a széleken elkerülhetetlen meniszkusztól, melynek befolyása azonban nagyobb felületű katód esetén elhanyagolható). BAARS mérései jól mutatják, hogy mennyire függ a és b értéke a higanykatód görbületétől; pl. 9·08 cm^2 felületű *Hg* katódon 100 10^{-6} Amp/cm^2 áramsűrűségnél 0·930 Volt, ugyanazon áramsűrűségnél, de 0·09 cm^2 felületű *Hg* katódon —0·680 Volt. A b értéke 9·08 cm^2 felületnél 0·147, viszont 0·09 cm^2 felület esetén 0·210. Az általam használt 20 cm^2 felület esetében a szélek görbületének befolyása már nem jön számításba, egyébként pedig a felület mindig ugyanakkora volt.

A túlfeszültség-áramsűrűség-görbe lefolyására különböző, látszólag csekély körülményeknek nagy hatása van. Oxigén vagy klór nyomainak jelenlétében a logaritmikusan ábrázolt függvénygörbületet mutat (másszóval b értéke változó). Nagyon érdekes

az a megfigyelés, hogy ha a higanyfelület csak egy pillanatra is anódnak volt kapcsolva, b értéke erősen növekedett. Ennek magyarázatára feltehető, hogy az anódikus polarizáció következtében a higanyfelületen igen vékony kalomelréteg képződött. Ez a réteg depolarizátorként működik, de csekélysége folytán csak igen kis áramsűrűségeknél fejt ki számbavehető hatást, mely annál nagyobb, minél kisebb az áramsűrűség. Így tehát érthető, hogy ez a réteg a túlfeszültség görbéjét meredekebbé teszi. Tudvalevő, hogy a legtisztább higany felületén is lehet láthatatlan, vékony oxidréteg; észrevehető ez arról, hogy a higany néha kissé tapad a száraz üveghez. Az ilyen oxidréteg teljesen hasonló szerepet játszhat, mint a kalomel.

Mindkét esetben feltehetjük, hogy kis áramsűrűséggel való hosszabb elektrolizis a depolarizáló réteget többé-kevésbbé redukálja, tehát hatását csökkenti. Az elektrolitban esetleg jelenlevő csekélymennyiségű depolarizáló anyagok ugyancsak redukálódhatnak az elektrolizis folyamán. Így tehát érthető, hogy hosszas elektrolizis által a higanyfelület tisztul és b értéke mindinkább csökken.

Erdey-Gruz és Volmer (11) eredeti elmélete szerint a b állandó értékének $2RT/F$-nek kellene lenni, vagyis 25°-on 0·118-nak, függetlenül a katód anyagától. Valóban elég sok esetben találtak ezzel jól egyező értékeket, így Baars aranyon 0·123, ezüstön 0·120, rézen 0·105, Bowden és Rideal higanyon 0·120, Glasstone higanyon 0·130—0·140 stb. Vannak azonban olyan mérések is, mégpedig elég nagy számban, amelyek ettől erősen eltérő értékeket adtak. Így platinán Baars $b = 0{\cdot}085$-öt mért. Viszont Glasstone (13) ólmon ($n\,NaOH$-ban)·0·180-at, Erdey-Gruz és Wick (12) ólmon $b = 0{\cdot}198$-at, tantálon pedig $b = 0{\cdot}210$-et mértek. Szénen Bowden és Rideal $b = 0{\cdot}850$-et találtak, ezt az értéket később Erdey-Gruz és Wick 0·115-re helyesbbítettek. Mindezekből látszik, hogy a b értéke nem független a katód anyagától, amit Erdey-Gruz és Volmer eredetileg feltételeztek. Igen tanulságosan mutatja ezt az ötvözetek esete. Már Tafel rámutatott arra, hogy az ötvözeteken (amalgámokon) mutatkozó túlfeszültség eltér a komponenseken észlelhetőtől. Frappánsan igazolja ezt Raeder és Brun (14) vizsgálata, akik az ezüst-antimonötvözeteken mutat-

kozó túlfeszültséget vizsgálták. Az összetétel függvényeként felrajzolt túlfeszültség két erős változást mutatott olyan helyeken, ahol még nem ismertek megfelelő metallográfiai fázisokat. Ebből következtetve a szerzők rámutattak arra, hogy ezeken a helyeken új métallográfiai vegyületeknek kell jelen lenniök. WESTGREN, HÄGG és ERIKSSON (15) csakugyan meg is találták ezeket a fázisokat.

Minthogy az ionok leválásával összefüggő túlfeszültség *par excellence* felületi jelenség, érthető, hogy a felület állapota nagymértékben befolyásolja. MARIE és LEJEUNE (16) kimutatták, hogy kolloidok általában növelik a túlfeszültséget. Tekintettel arra, hogy a kolloidoknak is elektromos töltése van, érthető, ha egyes negatív töltésű részecskék a katódra kerülnek és annak felületét közelebb még nem ismert módon megváltoztatva, a túlfeszültségre is hatással vannak. GLASSTONE (17) egyébiránt kimutatta, hogy különböző alkoholok kis mennyisége is hasonló hatást gyakorol.

Lényegesen nagyobb hatása van azonban bizonyos specifikus anyagoknak, amelyeket röviden mérgeknek nevezhetünk, mert biológiai értelemben is mérgesek. VOLMER és WICK (18) végeztek ilyen kísérleteket, de előttük már ATEN, BRUIN és DE LANGE (19) is rámutattak az arzéntrioxid, szublimát stb. (továbbá oxigén) nagy hatására. VOLMER és WICK kimutatták, hogy már igen kismennyiségű (10^{-4} mg nagyságrendű) As_2O_3 hozzáadása lényegesen módosítja a nyugalmi potenciál értékét, de még inkább a túlfeszültséget. Ezek a kísérletek nem alkalmasak határozott kvantitatív összefüggések megállapítására, már csak azért sem, mert a b értékei felfelé és lefelé való mérésnél igen erősen eltérnek egymástól. A szerzők úgy értelmezik eredményeiket, hogy az elektród felületén arzén válik ki és ezen az aktiválási energia eltér a tiszta elektródon észlelhetőtől. A b értékek több esetben 0·077—0·087 közt változtak, egy esetben pedig 0·058-at is találtak (mindvégig platinaelektródon). Kétségtelen, hogy ezek az értékek már nem egyeztethetők össze ERDEY-GRUZ és VOLMER eredeti elméletével. VOLMER és WICK szerint a mérgező anyagok annyira késleltetik a hidrogénatomok rekombinációját, hogy ez a folyamat is befolyásolhatja a túlfeszültséget; ilymódon TAFEL elméletéhez közelednek. Saját kísérleteim (1. táblázat, 8. kísérlet) szintén azt mutatják, hogy

néhány tized mg As_2O_3 hozzáadására a túlfeszültség rendkívül erősen emelkedik és nem felel meg többé a TAFEL-egyenletnek ($b = 0{\cdot}279—0{\cdot}864$).

SLENDYK és HERASYMENKO (20) az ú. n. polarográffal vizsgálatot csöpögő *Hg*-elektródon fejlődő hidrogén túlfeszültségét. Eredményeik nem hasonlíthatók össze a jelen dolgozatban közöltekkel, mert a változó felületű és erősen (de különbözőképpen) görbült növekedő, majd leszakadó higanycseppen a túlfeszültség nem lehet állandó. A szerzők azonban egy igen nagyjelentőségű megállapításra jutnak, mely az összes eddigi eredményeket kétségbe vonja. Szerintük ugyanis az elektrolitban már 10^{-7} *n* $PtCl_4$ jelenléte erősen befolyásolja a túlfeszültséget (az elektrolit *n*/20, illetve *n*/2 *HCl* volt). Rhodium hatása hasonló a platináéhoz, viszont feltűnő, hogy palládiummak nincs ilyen hatása, ugyancsak hatástalanok *Au*, *Ag*, *Cu*, *Ni*, *Fe* és *Co*. Ez az eredmény azt jelentené, hogy a túlfeszültség összes addigi mérései hamisak, mert egy ezredmilligramm platina literenként minden vegyszerben lehet jelen, a nélkül, hogy a szokásos módszerekkel észrevehető volna. Ezért fontosnak láttam ezt a tényt is megvizsgálni oly módon, hogy egy kísérletet teljesen azonos körülmények közt megismételtem, de 200 cm^3 elektrolithoz 0·035 mg platinakloridot adtam (ismert mennyiségű *Pt* feloldása és megfelelő koncentrációjú *HCl*-ban való higítása útján); ezután éppúgy végeztem a leírt műveleteket, mint a többi kísérleteknél. Mint a táblázatban közölt 9. kísérlet adatai mutatják, az eredmény negatív volt, bár a platina koncentrációját jóval nagyobbra ($5{\cdot}10^{-7}$ *mol*) állítottam be, mint az említett szerzők. Viszont a 10. kísérlet, amelyet oly módon végeztem, hogy néhány cm^3, összesen 0·014 mg *Pt*-t tartalmazó sósavas oldatot előzetes oxigénmentesítés nélkül szívattam be óvatosan a katódtérbe, erős túlfeszültség-emelkedést mutatott. Feltehető ennélfogva, hogy ŠLENDYK és HERASYMENKO kísérleteiben az elégtelen oxigénmentesítés okozhatta az általuk felfedezni vélt és a platinának tulajdonított hatást.

Elméleti következtetések.

Jelenleg két felfogás áll előtérben a túlfeszültség magyarázatára. Egyik a régi TAFEL-féle felfogás, amely szerint a hidrogén

leválásánál az atomoknak molekulákká való egyesülése a késleltetett folyamat; tekintettel arra, hogy ezt különböző fémek különbözőkép katalizálhatják, mód nyílik, legalább is elvileg, a katódfém befolyásának értelmezésére is. Az újabb, termodinamikai alapon SMITS, (21) ERDEY-GRUZ és VOLMER, hullámmechanikai alapon GURNEY (22), továbbá FOWLER (23) által képviselt felfogás szerint nem az atomok egyesülése, hanem a hidrogénion kisülése (vagy, ami jelenleg még meg nem különböztethető, a dehidratációja) késleltetett bizonyos aktiválási energia szüksége folytán. Mindkét felfogás alapján levezethető TAFEL empirikus egyenlete, vagyis a túlfeszültségnek az áramsűrűség logaritmusától való lineáris függése; a b értékére TAFEL 25°-on 0·029-et kap, ERDEY-GRUZ és VOLMER ellenben 0·116-ot. A sok esetben észlelt, 0·100—0·120 körüli értékeken kívül azonban kétségtelenül fellépnek lényegesen kisebb értékek is, mint pl. VOLMER és WICK-nél *Pt*-n 0·058, saját kísérleteimnél *Hg*-on 0·054 stb. Ezek még összhangba volnának hozhatók az ERDEY-GRUZ-VOLMER elmélettel, mert a 0·116 érték úgy adódik, ha feltesszük, hogy a hidrogén leválásának és feloldásának aktiválási energiái egyenlő módon befolyásolódnak a katódikus kettősréteg potenciálja által.

Ha viszont ezt a feltevést elejtjük, akkor csak az állapítható meg, hogy a két aktiválási koefficiens összege $\alpha + \beta = 1$. Tehát α felső határa 1, amiből $b = \frac{RT}{\alpha F}$ alsó határa 0·058, felső határa ellenben nincs. Így tehát a 0·116-nál nagyobb értékek megmagyarázhatók. Platinán és palládiumon azonban újabban ennél is lényegesen kisebb b-értékeket mértek, így KNORR és SCHWARTZ (24) palládiumon 0·027—0·047 közt; RADER és NILSEN (25) platinán 0·025—0·026-ot. KNORR és SCHWARTZ megállapítása szerint, ellentétben VOLMER és WICK-kel, épp a legtisztább fémfelületeken a legkisebb a túlfeszültség abszolut értéke és a b maga; a felület fokozódó «megmérgezésével» azután a b és a túlfeszültség erősen nőnek. Ez a megállapítás saját kísérleteimmel is teljesen egyezik, l. a 8. kísérletet.

Mindezeket összevetve megállapíthatjuk, hogy mai ismereteink alapján nem adható meg egy olyan univerzális b állandó, amely bárminő katódra érvényes volna. A felületnek legminimálisabb, semmi egyéb módon ki nem mutatható szennyezései már nagy-

mértékben befolyásolhatják a túlfeszültséget. Ilyenkor esetleg már a TAFEL-féle egyenlet sem érvényes.

Még kevésbbé lehet a kvantitative nagyobb szerepet játszó a állandó értékéről biztosat mondani. Igen valószínűnek látszik az a felfogás, hogy ez a konstans szorosan összefügg a katódfelületnek a $H + H \rightleftarrows H_2$ reakciót katalizáló képességével. BONHOEFFER (26) kimutatta, hogy a különböző fémek a következő sorrendben katalizálják a hidrogénatomok rekombinációját (balról jobbra menve csökkenő hatás)

$$Pt,\ Pd,\ W,\ Fe,\ Cr,\ Ag,\ Cu,\ Pb.$$

Ugyanebben a sorrendben viszont növekvő túlfeszültséget észlelünk a felsorolt fémeken.

BUTLER (27) legújabban hullámmechanikai számítások alapján kimutatta, hogy adszorbeált hidrogén jelentékenyen kevésbbé negatív katódpotenciál mellett is keletkezhet, mint aminő GURNEY számítása szerint a szabad hidrogén képződéséhez szükséges. Ebből az következik, hogy a katódfém adszorbeálóképessége nagy szerepet játszik, egyszersmind tehát hidrogénnel való telítettségének foka is. Így megérthető, hogy az elektrolízis kezdetén, amikor a katódfelület még távol áll a telítettségtől, miért kisebb a túlfeszültség és miért kell hosszabb ideig folytatni az elektrolízist, hogy stacioner helyzet álljon be és reprodukálható értékeket kapjunk.

Az elmondottak alapján meg kell állapítani, hogy a túlfeszültség kisülési elméletével szemben több tény az eredeti TAFEL-féle felfogást vagy BUTLER felfogását teszi valószínűbbé. Viszont azonban a végzett sok kísérlet ellenére még távolról sincs elegendő, igazán megbízható anyagunk ahhoz, hogy a túlfeszültség végleges elméletét meg lehessen alkotni. Ehhez még különböző, igen tiszta fémeken és minden szennyeződést kizáró körülmények közt végzett mérésre van szükségünk.

Hálás köszönetemet fejezem ki a Rockefeller-Alapnak, a szegedi Természettudományi Kutatási Bizottságnak és a Széchenyi Tudományos Társaságnak kutatásaim támogatásáért. A kísérletek végzésében nagy segítségemre volt dr. SZABÓ ZOLTÁN úr, kinek e helyen is őszinte köszönetet mondok.

Összefoglalás.

1. Teljesen jénai üvegből készült berendezéssel mértem a hidrogén túlfeszültségét igen tiszta, 20 cm^3 felületű higanykatódon, oxigénmentes tiszta sósav- és kénsavoldatokban.

2. A túlfeszültség menete tiszta higanykatódon hosszabb kezdeti elektrolízis után megfelel TAFEL egyenletének. A b állandó értékei a higanyfelület állapotától függnek; a talált értékek 0·054 és 0·126 közt mozogtak, ugyanazon kísérletnél azonban nem változnak.

3. Az a állandó értéke a sósavas kísérleteknél 0·484—0·582 Volt közt mozgott, a kénsavas kísérleteknél pedig 1·044 Voltot tett ki.

4. Csekélymennyiségű As_2O_3 hozzáadására (0·3—0·4 mg) a túlfeszültség abszolút értéke és hajlása emelkedik. Ebből az tűnik ki, hogy a túlfeszültség a tiszta felületű katódon a legkisebb; szennyezés, illetve mérgezés hatására növekszik.

5. Kismennyiségű platina (2—5. 10^{-7} mol) sósavas oldatokban nem befolyásolja a túlfeszültséget; ŠLENDYK és HERASYMENKO polarográfos mérései állandó felületű higanykatódon nem igazolhatók.

Szeged, Elméleti Fizikai Intézet.

Irodalom.

1. PIRANI: Ann. d. Phys. 3, **21**, 68 (1884).
2. CASPARI: Z. phys. Chem. **30**, 89 (1899).
3. KNOBEL: J. Am. Chem. Soc. **46**, 2613 (1924).
4. LEBLANC: Z. phys. Chem. **8**, 299 (1891), 12, 382 (1893).
5. TAFEL: Z. phys. Chem. **50**, 641 (1905).
6. THIEL u. HAMMERSCHMIDT: Z. anorg. Chem. **132**, 15 (1923).
7. BOWDEN: Trans. Faraday Soc. **24**, 473 (1928). Proc. Roy. Soc. *A* **126**, 107 (1930).
8. BOWDEN and RIDEAL: Proc. Roy. Soc. *A* **120**, 80 (1928).
9. GLASSTONE: J. chem. Soc. **125**, 2414 (1924).
10. BAARS: Ber. Marburg. Akad. **63**, 213 (1928).
11. ERDEY-GRUZ u. VOLMER: Z. phys. Chem. *A* **150**, 203 (1930).
12. ERDEY-GRUZ u. WICK: Z. phys. Chem. *A* **162**, 53 (1932).
13. GLASSTONE: J. Chem. Soc. **125**, 250 (1924).

14. RAEDER u. BRUN: Z. phys. Chem. **133**, 15 (1928).
15. WESTGREN, ERIKSSON u. HÄGG: Z. phys. Chem. *B* **4**, 453 (1929).
16. MARIE et LEJEUNE: C. r. **179**, 1400 (1924).
17. GLASSTONE: Trans. Faraday Soc. **21**, 36 (1925).
18. VOLMER u. WICK: Z. phys. Chem. *A* **172**, 429 (1935).
19. ATEN, BRUIN et De LANGE: Rec. trav. chim. **46**, 417 (1927).
20. ŠLENDYK u. HERASYMENKO: Z. phys. Chem. *A* **162**, 223 (1932).
21. SMITS: Z. f. Elektrochem. **30**, 214 (1924).
22. GURNEY: Proc. Roy. Soc. *A* **134**, 137 (1931).
23. GURNEY, FOWLER: Proc. Roy. Soc *A* **136**, 378 és 391 (1932).
24. KNORR u. SCHWARTZ: Z. phys. Chem. *A* **176** (1936).
25. RAEDER u. NILSEN: Norges Teknisk Hoiskole Avhandlinger til 25 års Jubileet, 235 (1935), idézve KNORR és SCHWARTZ után.
26. BONHOEFFER: Z. phys. Chem. **113**. 199 (1924).
27. BUTLER: Proc. Roy. Soc. *A* **157**. 423 (1936).

(A M. T. Akadémia III. osztályának 1936. nov. 23-án tartott üléséből.)

DIE ÜBERSPANNUNG DES WASSERSTOFFES AN QUECKSILBER.

Von St. v. NÁRAY-SZABÓ.

Die Wasserstoffüberspannung wurde an sehr reinen Quecksilberkathoden in einer Apparatur aus Jenaer Geräteglas unter sorgfältigem Ausschluss von Sauerstoff gemessen. Es wurden 2 *n* Salzsäure und 2 *n* Schwefelsäure benutzt, beide analysenrein und in mehrfach destilliertem Leitfähigkeitswasser gelöst. Alle Verunreinigungen waren ferngehalten.

Der Gang der Überspannung η entspricht an reinen Quecksilberoberflächen der TAFEL'schen Gleichung $\eta = a + b \log I/q$. Die Werte von a und b wurden bestimmt (s. Tabelle); a beträgt in 2 *n* Salzsäure —0·484 bis —0·582 Volt, in 2 *n* Schwefelsäure —1·044 Volt. Die Neigung der Geraden b, wechselte in Salzsäure zwischen 0·072 und 0·126, in Schwefelsäure zwischen 0·055 und 0·075 (wenn I/q in 10^{-6} Amp/cm^2 angegeben wird).

Einige Zehntel mg Arsentrioxyd verursachten sehr starke Steigerung der Überspannung und die steile Kurve bleibt nicht mehr gerade. Schon sehr geringe Spuren von Giftstoffen, bezw. Verunreinigungen erhöhen die Überspannung, welche an den reinsten Kathoden am geringsten ist.

Spuren von Platin (2—5.10^{-7} mol) haben dagegen gar keinen Einfluss auf die Überspannung; die polarographischen Messungen von ŠLENDYK und HERASYMENKO konnten an konstanten und grossen Quecksilberoberflächen nicht bestätigt werden.

(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften vom 23. November 1936.)

A SZÉNOXIDMOLEKULA ENERGIAÁLLAPOTAIRÓL I.

SCHMID REZSŐ- és GERŐ LORÁND-tól.

Bevezetés.

A szénmonoxidmolekula energiaállapotaira vonatkozó első közelebbi adataink mintegy 15 évre nyúlnak vissza és úgyszólván alapvető fontosságúak a molekulaszerkezet és a sávos színképek összefüggésének felismerése tekintetében. Nevezetesen a *CO* molekula által emittált úgynevezett Angstrőm-sávok fínom szerkezete volt az a bázis, amelyen a sávos színképek «rotációs termanalízis»-e megindult, (1)[1] hogy elvezessen a molekulák (a kvantumelmélet értelmezése szerinti) lehetséges rotációs, vibrációs és elektronenergia-állapotainak mai széleskörü és főbb vonásaiban — legalább is a kétatomos molekulákra vonatkozólag — már kiforrottnak és biztosítottnak tekinthető ismeretéhez. A spektroszkópiai mérési adatoknak a molekulaszerkezettan számára való hasznosíthatóságát méltányolhatjuk viszont, ha meggondoljuk, hogy míg a tulajdonképpeni chemia a molekulákat rendszerint csupán úgynevezett «alapállapot»-ban ismeri és csak egyes esetekben kell «aktivált» állapotokat is tekintetbe vennie, addig a molekula által kisugárzott vagy elnyelt színképvonalak alkalmas rendszerezése ugyanazon molekula többféle «gerjesztett» állapotáról is szolgál felvilágosítással, megsokszorozva így a «chemiai kötés»-re vonatkozó ismeretanyagot és úgy a varietások, mint az analogiák számának felemelé-

[1] *Jegyzet.* A szövegben idézett (1), (2) stb. irodalomra vonatkozó összeállítást lásd «A Szénoxid Molekula Energiaállapotairól II.» (ugyanezen kötet 42. oldalán) c. dolgozat végén.

sével új meg új kiindulópontokat nyujt ennek a tudományágnak a rendszerbefoglalásához.

A *CO* molekula színképe a sávrendszerek aránylag szokatlanul nagy száma miatt korán kitűnt a többi kétatomos molekulaspektrum közül.[1] A *CO* különféle elektronállapotainak — a spektroszkópia nyelvén elektrontermjeinek — a száma maga is elég nagy és úgyszólván mindegyikük közös «kezdő»-, ill. «vég»-állapota több sávrendszernek. A molekulák színképének és belső szerkezetének összefüggését tárgyaló 1929. évi, Bristolban tartott nemzetközi konferencia R. C. JOHNSON előadásában (2) foglalkozott a *CO* elektrontermjeivel és a meginduló irodalmi vita alapján végül is leszűrt eredmények szerint az 1932. évi JEVONS-féle összefoglaló monográfia (3) 80. lapján közli a neutrális *CO* molekula színképén észlelhető mintegy húszféle sávrendszert, amelyek mintegy 16 elektronterm közötti különféle átmeneteknek felelnek meg. Ezekhez csatlakozik még az ionizált (CO^+) molekula három ismert elektrontermje és három sávrendszere. — Az azóta eltelt évek folyamán a *CO* elektronállapotokra vonatkozó ismereteink nemcsak azáltal szaporodtak, hogy a folyton tökéletesedő kísérleti berendezések a számértékek pontosságát emelték, hanem — bár újabb *CO* sávrendszert nem fedeztek volt fel — új, az ismert sávrendszerek kezdő-, vagy végállapotai közt nem szereplő elektrontermekről is szereztünk tudomást. Erre a már ismert sávrendszerekben észlelt «perturbációk» rendszerezése vezetett. Nevezetesen a molekulatermek kvantummechanikai tárgyalása folyamán nyilvánvalóvá vált, hogy ha ugyanazon molekula két különböző elektrontermjére felépülő vibrációs és rotációs termemeletek a kvantumszámok alkalmas csoportosulása mellett bizonyos esetekben egymás mellé, elég közelbe kerülnek, akkor a különben aránylag egyszerű rotációs termsorok rendellenességeket mutatnak és pedig a két egymás közelébe kerülő termsor egymástól esetleg 8—10, sőt több hullámszámegységgel eltérülni iparkodik. Ennek következtében a két

[1] **Minden egyes sávrendszer két meghatározott elektronállapoton felépülő vibrációs és rotációs energiaállapotok közötti átmenetekből származó színképvonalak összességéből áll; két meghatározott vibrációs emelet közötti átmenetekhez tartozó színképvonalak egy-egy sávon belül csoportosulnak.**

termsorozat valamelyikéről induló vagy arra érkező átmenetekhez tartozó sávvonalak a színképen rendellenes, «perturbált» helyet foglalnak el. Ezenfelül a perturbáció helyén a normális intenzitáseloszlás is megváltozik. A perturbált vonalak intenzitása csökken, még pedig oly módon, hogy a rendes helyéről legmesszebbre tasztított, azaz a perturbáló termhez éppen legközelebb került termmel kapcsolatos átmenetekhez tartozó színképvonalak szenvedik a legnagyobb intenzitás-csökkenést. Mint annakidején szemléletesen kifejezték, a molekula «fél» olyan energiaállapotot elfoglalni, mely kétfélekép jöhet létre és így «önmagával rezonálna». Mivel pedig egy-ugyanazon molekulaterm, más és más termekkel kombinálódva, számos sávvonalat eredményezhet, a sávokon észlelt perturbációk alkalmas rendszerezése révén eldönthetjük, hogy a perturbáció melyik molekulatermen lépett fel és a vonalak szabályszerű helyéről való elmozdulásának számadataiból következtethetünk magára a zavartkeltő termre is. Amint a bolygók pályáinak «háborgatásaiból» új, addig ismeretlen bolygó jelenlétére, sőt pontos helyzetére lehetett következtetni, még mielőtt a háborgató égitestet magát felfedezhették volna, úgy a sávos színképek perturbációi is módot nyujtanak oly molekulatermek meghatározására, melyek maguk esetleg tényleges színképek révén nem is volnának megfigyelhetők.

A sávos színképeken észlelhető másik rendellenes jelenség, amely bizonyos szempontból még sokkal nagyobb jelentőségűnek bizonyult a molekulaszerkezet eddig ismeretlen részleteinek felderítése szempontjából, a predisszociáció. Sok sávrendszerben megállapítható, hogy egyes sávok, illetve egyes, egyébként teljesen szabályszerűen elhelyezkedő sávvonalak hirtelen, ugrásszerű intenzitáscsökkenést szenvednek. Az intenzitáscsökkenés a sávvonalak diffuzzá válásával is együttjárhat ; esetleg bizonyos vibrációs, illetve rotációs kvantumszámtól kezdve a sávok, illetve a sávvonalak egészen el is tűnhetnek. A behatóbb vizsgálat rendszerint azt állapíthatja meg ilyenkor, hogy a kérdéses sávrendszer kezdő — helyesebben a termszkémában a «felső» — elektrontermjén bizonyos vibrációs, illetőleg rotációs termemeletek a székhelyei a spektrumban észlelt intenzitáscsökkenés okának. Mivel pedig az atomok vagy molekulák által kibocsátott színképvonalak intenzitása

arányos azoknak az atomoknak, ill. molekuláknak a koncentrációjával («számosságával»), amelyek az illető elektronátmenet kezdőállapotának megfelelő energiával bírnak, arra kell következtetnünk, hogy az illető termemeleteknek megfelelő vagy annál nagyobb energiájú molekulák számossága is hirtelen lecsökkent. Ez a jelenség tagadhatatlan analógiát mutat a chemiában disszociációnak nevezett folyamattal: ha egy vegyülettel a disszociációs energiájának megfelelő, vagy annál nagyobb energiát (pl. hőt, elektromos potenciális energiát) közlünk, akkor koncentrációja csökkenni fog és a rendszerben bomlási termékek jelennek meg. Ez a hasonlatosság indokolja az említett jelenség nevét, a predisszociációt.

Kétatomos molekula esetében más bomlási termékekről, mint magukról az összetevő atomokról, nem igen lehet szó. Hogy egy bizonyos kétatomos molekula színképén mégis több különféle energiamagasságnál figyelhető meg esetleg predisszociáció, azt azzal magyarázhatjuk, hogy nemcsak «alapállapotú» atomok, — amelyek a közönséges viszonyok között lejátszódó chemiai reakciókban szerepelnek, — hanem magasabb energiaállapotokra «gerjesztett» atomok is előfordulhatnak a disszociációs termékek között.

Röviden összefoglalva tehát a sávos színképek tanulmányozásának a molekulaszerkezettan szempontjából való fontosságát: míg maguknak a sávos színképeknek az elemzése fontos felvilágosítással szolgál a molekula belső szerkezetének varietásairól és a perturbációk vizsgálata jelentékenyen kibővíti ezt különben nem is észlelhető molekulaállapotok felfedezésével, addig a predisszociációk észlelése és rendszerbefoglalása lehetővé teszi, hogy a molekulát alkotó atomok energiarendszereit hozzárendeljük a molekula energiaszkémájához. Így a különféle atomkombinációk disszociációs energiájának gyakran igen pontos meghatározása révén oly kísérleti bázist nyerünk a chemia legalapvetőbb problémáinak, a chemiai kötés, vegyülés és bomlásnak tanulmányozására, melyet semmiféle más módszer, a chemiaiakat legkevésbbé sem véve ki, nyujtani nem képes.

A *CO* molekulaszínképén, hála a számos és jól kialakult sávrendszernek, bőven nyílt alkalom úgy perturbációk, mint predisszociációk észlelésére. A már említett Angström-sávok esetében ROSENTHAL és JENKINS (4) számolt be első ízben részletesen per-

turbációkról, míg ugyancsak e sávokon észlelt predisszociációról COSTER és BRONS (5) közöltek megfigyeléseket. Mivel a legújabb időben jelen dolgozat szerzői is értek el bizonyos eredményeket az említett három kutatási csoportban: ismert sávrendszerek újbóli, az eddigieknél számottevően nagyobb pontossággal való kimérése, perturbációk kétségtelen felderítése és predisszociációk észlelése terén, nem látszik indokolatlannak pár vonással ismertetni egyrészt intézetünk kísérleti berendezésének tökéletesedését, mely világviszonylatban is megállja a helyét, másrészt az óhajtott végcél, a *CO* molekula szerkezetének, különféle — részben közvetlenül nem is észlelhető — termjeinek ismerete, a különféle *C* és *O* atomtermeknek a molekulatermekhez való egyértelmű hozzárendelése és a különféle (*C—O*) kötésekkel kapcsolatos energiák meghatározása felé eddig megtett haladást.

A *József Nádor Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Fizikai Intézete* tudományos kutatásra alkalmas spektroszkópiai felszereléssel csak mintegy 10 év óta rendelkezik. Az 1925/26. tanévben tartott *Országos Természettudományi Kongresszus* pártolólag terjesztette fel az intézet igazgatójának, dr. POGÁNY BÉLA műegyetemi ny. r. tanárnak nagyteljesítőképességű spektroszkópok beszerzése iránti kérelmét a közoktatásügyi kormányhoz és néhai dr. gróf KLEBELSBERG KUNÓ kultuszminiszternek, a modern magyar természettudományos kutatás újjászervezőjének jóvoltából még 1926-ban megérkezett az első, HILGER-gyártmányú, nagy diszperziójú kvarc-spektrográf, amelyet három éven belül követett egy ZEISS-gyártmányú, kvarc- és üvegoptikával felszerelt nagy fényerejű spektrográf, majd egy ugyancsak ZEISS-től származó regisztráló mikrofotometer és több kisebb, szintén intenzitásméréseknél használt eszköz, úgyszintén a molekulaszínképek gerjesztése szempontjából legfontosabb fényforrások, a ritkított gázokban végbemenő nagyfeszültségű és nagyfrekvenciájú elektromos kisülések táplálására szükséges egyenáramú (BOAS-gyártmányú) generátor és a GANZ-féle Villamossági R. T. nagylelkű ajándékából két nagyteljesítményű, 220/6000 Voltos transzformátor, valamint a Zeeman-jelenség tanulmányozására egy (ugyancsak BOAS-gyártmányú) nagyobb elektromágnes.

Első megoldandó feladatul önként kínálkozott a nitrogén-

oxid (NO) molekula sávos színképének tanulmányozása, egyrészt, mivel e színkép eddig közelebbről még meg nem vizsgált része éppen az intézet spektrográfjainak legnagyobb diszperziójú színképtartományába esett, másrészt, mivel a vakuumberendezések építésében és üzembentartásában való kellő gyakorlat hiánya miatt, különféle tömítetlenségek és nem elegendő ritkítás következményeképp, e sávok (különösen az első időben) úgyszólván minden felvételen nagy fényerővel jelentkeztek. — Az első eredmények ennek megfelelően az $NO\,\gamma$ (6), $NO\,\beta$(7) és az $NO\,\delta$ (8) sávok kimérésére, rotációs analízisére, továbbá Zeeman-jelenségükre (9) (10), úgyszintén intenzitás-eloszlásukra (11) (12) (13 (14) (15) vonatkoztak.[1] A kapott számadatok jóságát demonstrálja az a tény, hogy az 1930-as évek óta megjelenő úgyszólván minden kézikönyv — mint a Handbuch der Physik, Handb. d. Experimentalphysik, Handb. d. Astrophysik, Handb. d. Spektroskopie stb. — és monográfia, pl. a Jevons, Kronig, Sponer stb. féle azokat táblázatos összeállításaiba felveszi (16) (17) (18) (19) (20). Megemlíthetjük itt, hogy az $NO\gamma$-sávokra vonatkozó fenti mérési adatok alapján sikerült Naudé-nek (21) (22) a 15 atomsúlyú nitrogénizotopot identifikálni, Rasetti-nek (23) pedig a nitrogénoxid Raman-effektusát megfejteni.

A molekuláris mágnességtanban az NO molekula különleges szerepet játszik: míg igen alacsony hőmérsékleten a nitrogénoxidgáz mágneses szuszceptibilitása erősen lecsökken (azaz a gáz csupa diamágneses molekulát tartalmaz), magasabb hőmérsékleten aszimptotikusan közeledik oly értékhez, mely a dia- és paramágneses molekulák azonos koncentrációjának felel meg, ha minden egyes paramágneses molekulának 1 Bohr-magnetonnyi mágnességet (értéke $9{,}174\cdot10^{-21}$ erg/Gauss) tulajdonítunk. Az elmélet ezt a jelenséget az NO molekula alapállapotának kettősségével (dublett term) magyarázza (24). Hogy azonban a dublett-NO-alapállapotból kiinduló két sávrendszer relatív intenzitása a hőmérsékletváltoztatással tényleg az $NO_{\text{param.}} \leftrightarrows NO_{\text{diam.}} + \Delta E$ (a dublett-

[1] Cavallonnak (15) alatt idézett dolgozata egyes, másként nem, vagy csak alig gerjeszthető molekulaszínképek előállítására használt ú. n. aktív nitrogén gerjesztési függvényét ismerteti a benne gerjedő $N_2\alpha$ sávok alapján.

állapotok energiakülönbsége) egyensúlynak megfelelően alakul, azt ugyancsak az Intézetből kikerült egyik dolgozat állapítja meg (25). Bővebben méltatja e dolgozat jelentőségét E. C. STONER (26) Magnetism and Matter c. munkája.

Az 1932—33. évek folyamán az Intézetből kikerült publikációk tárgya az ionizált széndioxid és szénmonoxid által emittált sávok rotációs analízise[1] és Zeeman-effektusa voltak. (27) (28) (29) (30) (31) (32) (33) (34) (35). A széndioxid-sávoknak ezekben közölt, nagy diszperzió mellett készült felvételei és kimérései úgyszólván a legelsők, amelyek kettőnél többatomos molekulák emissziós színképéről készültek és így bázisul szolgáltak később MULLIKEN-nek az általában XY_2 típusú molekulák szerkezetéről szóló alapvető dolgozatához (36) (37) és részletesebb hivatkozás történik azokra a többi, molekulaszerkezettel foglalkozó újabb munkában pl. Handb. d. Chemischen Physik, vagy pl. L. de Kronig, Optical Basis of the Theory of Valency stb. is (38) (39) (40) (41). E felvételek a chicagoi *Ryerson Physical Laboratory*-nak még magától ROWLAND-től származó 6 méteres konkáv rácsával készültek és a CO_2^+ és CO^+ sávok mellett bőven tartalmaztak a neutrális CO molekulától származó sávokat is. A sávok nagy intenzitása és az igen jó felbontás lehetővé tette számos, már régebben ismert CO-sáv új részleteket kihozó kimérését és analízisét. Az 1934—35. évekből származó dolgozatok (42) (43) (44) révén került alkalmazásra GERŐ-nek az Intézetben kialakult módszere a perturbációknak az eddigieknél biztosabb felismerésére (45). Kiegészíti ezeket néhány, a CO és CO^+ sávok Zeeman-jelenségére (46) (47) (48) (49); továbbá a triplettsávok termformulájára és intenzitás elosztására (50) (51) (52), valamint perturbációra vonatkozó (53) dolgozat, melyekhez még a CO sávokon észlelt újabb predisszociációkról referáló további munkák (54) (55) (56) (57) is csatlakoztak.

E dolgozatokkal párhuzamosan egyre folytak kísérletek azirányban is, hogy a *M. Tud. Akadémia*, majd a *Rockefeller-Alapítvány* támogatásával beszerzett két, ugyancsak 6 méteres

[1] SCHMID (32) alatt idézett dolgozata tartalmazza az amerikai C. M. BLACKBURNnek (33) nem sikerült, az úgynevezett I. negatív CO-sávokra vonatkozó rotációs analízist.

konkáv rács az Intézetben üzembehelyezhető legyen. Nyilvánvalóvá vált ez alkalommal, hogy a spektrográfnak mindenestől szigorúan állandó temperaturájú helyiségben kell elhelyezve lennie, nehogy a spektrálvonalak élességét az esetleges temperaturaingadozás következtében fellépő dilatációk lerontsák. Egyik sikerült ilyen automatikus szabályozóról referálnak BABITS dolgozatai (58) (59). Az időközben lényegesen egyszerűsített és megbízhatóság, valamint üzemidőtartam dolgában megjavított automatikus temperaturakontroll használhatóságát legjobban bizonyítja POGÁNY professzornak a Zeiss-spektrográfhoz időközben szállított nagyméretű Lummer-lemezzel készült és a nemesgázok Zeeman-jelenségére vonatkozó vizsgálatainak sikere (60) (61) (62) (63) (64) (65). A nagy rácsokkal azonban kielégítő felvételeket nyerni mindaddig nem sikerült, amíg — szerencsés körülmények összetalálkozása révén[1] — lehetővé nem vált a rácsok tükörfelületének regenerálása. Ezáltal a nyert színképvonalaknak nemcsak az intenzitása emelkedett az azelőttinek sokszorosára, hanem a vonalak élessége is hihetetlen mértékben megnőtt és így ismét egész sereg, eddig csak hozzávetőlegesen ismert sávos színkép új részletei váltak felderíthetővé. Az időrendben első dolgozatok tárgya az ionizált oxigén molekula sávjaival és Zeeman-jelenségével foglalkoztak (66) (67) (68), azonban hamarosan megkezdődött a sora azoknak a fontos vizsgálatoknak, amelyek már pár hónap mulva a *CO* molekula disszociációs energiájának meghatározásához vezettek (69) (70) (71). Ennek a már oly régen keresett mennyiségnek nemcsak az eddigi becslésektől lényegesen eltérő, hanem önmagában véve is igen pontos meghatározása lehetővé tette egy sereg nem spektroszkópiai (elektronütközési, thermikus stb.), számos kutató által nyert, azonban mindeddig divergáló értelmezésű eredmény összhangbahozatalát (72) (73) (74), aminek következtében viszont a szénatomnak más elemek atomjaihoz való kémiai kötőenergiája vált az eddigieknél jóval pontosabb, ellentmondásnélküli rendszerbe foglalhatóvá (75).

[1] SCHMIDnek dr. E. HOCHHEIMmal, a porlasztott, sziliciumból és aluminiumból álló HOCHHEIM-ötvözet feltalálójával a Deutsche Naturforscher und Ärzte 1935. évi berlini kongresszusa alkalmából történt megismerkedése útján.

Az 1936. évben készült el az Intézet nagyméretű, az eddig szokásos szerkesztési elvektől eltérőleg konstruált új elektromágnese, FERENC IMRE műegyetemi tanársegéd tervei alapján, mely aránylag szerény anyag- és energiafelhasználással 80 cm hosszban állít elő 25,000 GAUSSnál is erősebb, praktikusan teljesen homogén mágneses tereket. Ez a rendkívüli hosszúságú mágneses tér módot nyujt olyan molekulaszínképek ZEEMAN-jelenségének vizsgálatára, melyeknek tanulmányozása eddig azért nem sikerült, mert az eddigi kisméretű mágneses terekben, az abszorpcióra kerülő folytonos fény útjába, elegendő számú abszorbeáló molekulát elhelyezni nem lehetett. A mágnessel készült első dolgozatok tárgya az önmagában is érdekes szingulett-triplett interkombinációt képező atmoszferikus oxigénsávok ZEEMAN-jelensége volt (76) (77) (78).

A HOCHHEIM-ötvözettel bevont konkáv rács teljesítőképességének újabb szép bizonyítékát adja a *CO* molekula perturbációktól át- meg átszaggatott ú. n. «5B» sávrendszerének eddig példa nélküli komplikált rotációs analízise (79), továbbá a levegő-abszorpció határán nyert, pompás élességű felvételek hasznosításából a *CO* alapállapotára vonatkozó rotációs (és vibrációs) állandóknak igen nagy pontosságú meghatározása (80).

I. A szénmonoxid szingulett és triplett termrendszerének kapcsolata.

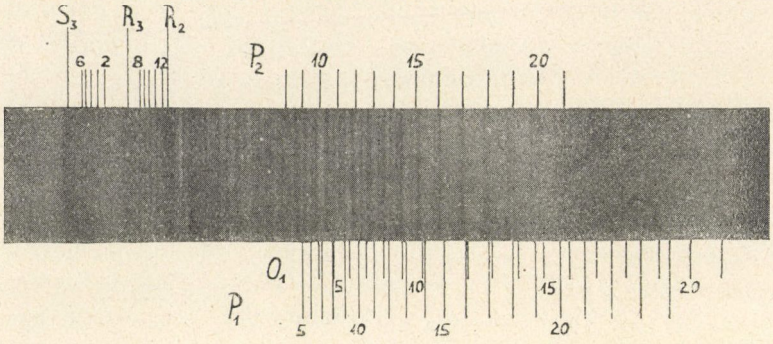
Mint ismeretes, az atomok és molekulák kifelé érvényesülő tulajdonságait a zárt héjakon kívül levő elektronok határozzák meg. A *CO* molekula esetében két elektron van zárt héjon kívül; ezek spinjei kétféleképen tevődhetnek össze: a kifelé közömbösült (antiparallel) és nem közömbösült (parallel) formációban. Az első esetben kifelé már hatástalan szingulett-, a másodikban kifelé kétszeres spinhatást — a kémia nyelvén két vegyértéket — mutató triplett állapotokat várhatunk. A *CO* spektrum termjeinek rendszerezése valóban egy-egy, egymástól meglehetősen különálló, szingulett- és triplett-rendszerre vezetett. Az első — szingulett — esetben a kifelé közömbös, valósággal permanens-gáz természetű szénmonoxiddal van dolgunk, a második — triplett — esetben pedig

az addiciós reakciókra képes, a kémiában a kétvegyértékű $>C=O$ carbonyl-gyök szimbólummal jelölt alakzattal.

Míg a szingulett, valamint a triplett állapotok energiadifferenciái egymás között már régen nagy pontossággal ismeretesek a nagy intenzitású szingulett, illetve triplett sávrendszerek rotációs analízise révén, addig a két termrendszer egymásközötti relatív távolsága a legújabb időkig nem volt elegendő pontossággal kiszámítható. Ugyanis a két különféle multiplicitású elektronterm közötti átmenetet képező ú. n. interkombinációs sávrendszerek kiválasztási elvbe ütköznek s ezért — ha egyáltalán létrejönnek — intenzitásuk igen csekély. Ilyen interkombinációs sávrendszer a *CO* CAMERON-ról elnevezett sávrendszere, mely a molekula $X^1\Sigma^+$ alapállapota és a triplett termrendszer legalsó, $a^3\Pi$ állapota közötti átmenetnek felel meg.

A később róla elnevezett sávrendszert W. H. B. CAMERON (81) észlelte először emisszióban, J. J. HOPFIELD [nempublikált adatok, l. R. T. BIRGE (82)] pedig abszorpcióban. R. C. JOHNSON (83) kimutatta, hogy a sávrendszer kezdőállapota az ú. n. III. pozitív sávrendszer végállapotával, végállapota pedig a IV. pozitív sávrendszer végállapotával azonos. (L. a szénoxid termjeit és sávrendszereit feltüntető 5. ábrát a 21. lapon.) A sávrendszer rotációs analízise azonban mindeddig — éppen a kis intenzitás miatt — nagy nehézségekbe ütközött.

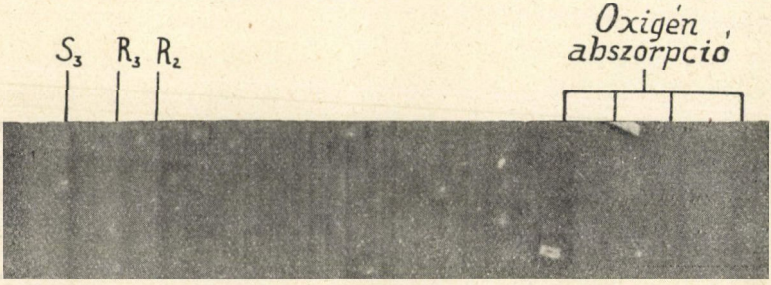
Mivel az Intézetben felállított 6 méteres, HOCHHEIM-ötvözettel bevont, hüvelyenként 30,000 karcolatú optikai rács teljesítőképes-



1. ábra.

sége viszonylag éppen azon a spektrálvidéken a legnagyobb, melyen a CAMERON-sávok is feküsznek, kísérletek történtek e sávoknak abszorpcióban való felvételére. Az abszorbeáló szénoxidréteg kb. 100 cm hosszú kvarccsőben volt elhelyezve, 1 atm. nyomáson. Folytonos fényforrásul egy ú. n. BAY—STEINER-féle hidrogéncső szolgált, melyet 6000 V, 600 mA váltóárammal tápláltunk. Egy-két napig tartó expozíciós idők mellett sikerült a (0←0) és (1←0) sávokat kellő intenzitással megkapni. Az 1. ábra a 2065 Å-nél levő (0←0) sávot ábrázolja, kb. 15-szörös nagyításban.

A vonalak élessége semmi kívánnivalót sem hagy hátra és viszonylag pontos kimérést enged meg. A 2. ábrán az (1←0) sáv látható,



2. ábra.

szintén 15-szörösre nagyítva. Ennél már egyrészt az intenzitás is sokkal kisebb, másrészt különösen a sáv ibolya felé eső részén megjelennek a levegőabszorpciótól származó ú. n. SCHUMANN—RUNGE-féle oxigénabszorpció sávvonalai is, ami a kimérés pontosságát károsan befolyásolja és így csak a (0←0) sáv rotációs analízisét hajtottuk végre.

A felvételek Agfa-gyártmányú SCHUMANN-lemezen készültek. A kimérések céljára, mint normálspektrumot, a vas- és réz-színképet vettük fel minden lemezre, kb. $^1/_2$ óra expozíciós idővel, a réznél $8^1/_2$, a vasnál pedig mintegy 15 Amp. áramintenzitással.

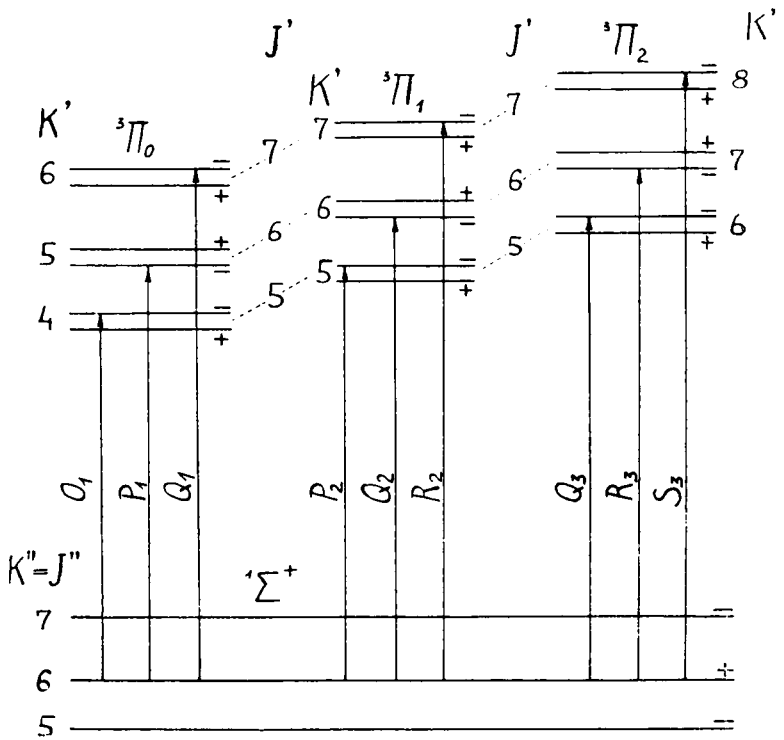
Normálhullámhosszakul általában interferométerrel megmért hullámhosszakat szoktak használni. A 2000 Å körüli spektrálvidéken azonban nincsenek ilyen interferometrikus úton megállapított normálhullámhosszak. Ezért a FOWLER elnöklete alatt álló

Commission des Étalons de Longueur d'Onde et des Tables de Spectres Solaires nyomán (84) kiszámítottuk néhány, ismert átmenetet képező vasvonal hullámszámát, mint a kezdő- és végállapotterm különbségét. A termek számértékeit BACHER és GOUDSMIT: Atomic Energy States c. könyvének táblázataiból vettük.[1]

Az $a^3\Pi \leftarrow X^1\Sigma$ interkombinációs sávrendszer rotációs szerkezetére nézve az eddigi irodalom nem szolgál útmutatással. Az egyetlen interkombinációs sávrendszer ugyanis, melynek rotációs szerkezete már ismeretes volt, a kétatomos oxigén-molekula ú. n. atmoszférikus sávrendszere, $^1\Sigma \leftarrow {}^3\Sigma$ átmenetnek felel meg. Ha, mint szokásos, feltesszük, hogy a J kvantumszám legfeljebb eggyel, a K pedig legfeljebb kettővel változhat a lehetséges átmenetek alatt, akkor a 3. ábráról leolvashatjuk a várható ágakat. Hogy DIEKE és MAUCHLY-nak (85) a III. pozitív sávrendszerben alkalmazott jelölésével összhangban maradhassunk, az ágak megjelölése a K kvantumszám változása szerint történt. Az ágszimbolumok melletti indexek az $a^3\Pi$ term egyes triplettkomponenseit jelentik. Mindhárom triplettkomponenshez három-három ág tartozik, mégpedig a kettes indexszel jelölt középső komponenshez három főág, a két

[1] Ugyanilyen módon néhány rézvonal hullámhossza is kiszámítható ezen a spektrálvidéken. Az így nyert hullámhosszak azonban nem egyeznek meg azokkal, amelyeket a vasvonalakkal való egybevetés útján kaphatunk. Ez az eltérés nem származhat abból, hogy — a kísérleti berendezés esetleges hiányosságai folytán — a rézspektrum a vasspektrumhoz képest eltolódva került volna a lemezre, mert a rézvonalak gerjesztéséhez már az a csekély rézmennyiség is elegendőnek mutatkozott, mely a vasívben mint szennyeződés volt jelen és ezek a rézvonalak is ugyanazt az eltérést mutatják. Így az eltérés valószínűleg a felhasznált termértékek nem kielégítő pontosságában keresendő. Egyébiránt összehasonlítás céljából közöljük az ezen a vidéken található legerősebb rézvonalak hullámhosszát a vasvonalakhoz hozzámérve, a réztermekből számítva, továbbá SELWYN és KICHLU (85) mérési adatai alapján:

SCH. és G.	Számított	SELWYN	KICHLU
2035·775	5·84	5·86	5·71
2037·049	7·116	7·13	7·01
2043·730	3·791	3·80	3·69
2054·918	4·969	4·98	4·82



3. ábra.

szélsőhöz pedig két-két főág és egy-egy szatellit-ág. (A főágaknál $\Delta K=0,\pm 1$, a szatellit ágaknál pedig $\Delta K=\pm 2$.) Az ágak egyes vonalainak a számozása az $X^1\Sigma$ végállapot K kvantumszáma szerint történt. Mivel az itt használt ágszimbolumok eltérnek a MULLIKEN által bevezetett internacionális jelöléstől, a két jelölési mód összetartozó ágszimbolumait az 1. táblázatban adjuk.

1. táblázat.

$^3\Pi_0-{}^1\Sigma$		$^3\Pi_1-{}^1\Sigma$		$^3\Pi_2-{}^1\Sigma$	
Int.	*Dieke*	Int.	*Dieke*	Int.	*Dieke*
$^QP_1(J)$	$O_1(K)$	$P_2(J)$	$P_2(K)$	$^QP_3(J)$	$Q_3(K)$
$^PQ_1(J)$	$P_1(K)$	$Q_2(J)$	$Q_2(K)$	$^RQ_3(J)$	$R_3(K)$
$^QR_1(J)$	$Q_1(K)$	$R_2(J)$	$R_2(K)$	$^SR_3(J)$	$S_3(K)$

A rotációs analízis folyamán valóban mind a kilenc ágat sikerült megtalálni. A 2—4. táblázatok az ágakba sorozott sávvonalak hullámszámait tartalmazzák cm^{-1} egységben. A hullámszámok melletti csillagok összeeső vonalakat jelentenek. Annak igazolására, hogy a kezdőállapot valóban azonos a III. pozitív sávrendszer végállapotával, az 5—7. táblázatokban egymás mellé állítottuk az $a^3\Pi$ állapotra vonatkozó kombinációdifferenciákat egyrészt a CAMERON, másrészt a III. poz. sávrendszer mérési adatainak alapján. Az utóbbiak a (0, 0) és (1, 0) sávokból vett középértékek.

A kimért és meganalizált sáv végállapota a szénoxid-molekula alapállapotának $v=0$ vibrációs kvantumszámhoz tartozó állapota. Ezt a vibrációs termemeletet, mely pedig a «hideg» szénoxid magtávolságáról a legközvetlenebb felvilágosítást nyujthatja, eddig más úton még nem sikerült kimérni. Ezért a rotációs állandó szá-

2. táblázat.

$^3\Pi_0 \leftarrow {}^1\Sigma$

K	$O_1(K)$	$P_1(K)$	$Q_1(K)$
4	48417·08*	48429·69*	48443·61*
5	409·42*	425·28*	442·60
6	401·33*	420·31*	441·19
7	391·61	415·32*	439·20*
8	383·30	409·42*	436·27
9	373·60	403·34	433·80
10	363·12	395·73	429·69*
11	352·66*	388·80	425·28*
12	341·65	380·49	420·31*
13	329·50	371·54	—
14	316·77	362·37	—
15	303·95	352·66*	—
16	290·03	342·54	—
17	276·18	331·30*	—
18	260·99	319·99	—
19	245·66	307·95	—
20	203·39	295·44	—
21	313·83	282·64	—
22	—	268·77	—
23	—	254·32	—
24	—	239·89	—

3. táblázat.

$^3\Pi_1 \leftarrow {}^1\Sigma$

K	$P_2(K)$	$Q_2(K)$	$R_2(K)$
0	—	—	48480·52*
1	—	—	483·38
2	48468·65	—	485·66*
3	464·11*	—	487·26
4	458·80*	—	488·11
5	452·44	—	—
6	445·72	48466·27*	489·54
7	439·20*	462·54	—
8	431·67*	458·80*	488·11
9	423·90	454·18	487·26
10	415·32*	449·27	485·66*
11	406·51	443·61*	483·38
12	396·97	437·62	480·52*
13	387·44	431·67*	478·05
14	377·11	425·28*	473·98
15	366·30	417 08*	470·51
16	354·96	409·42*	466·27*
17	343·50	401·33*	—
18	331·30*	—	—
19	318·17	—	—
20	305·43	—	—
21	291·71	—	—

4. táblázat.

$^3\Pi_2 \leftarrow {}^1\Sigma$

K	$Q_3(K)$	$R_3(K)$	$S_3(K)$
2	—	—	48521·52
3	—	48510·43	525·31
4	—	510·43	528·09
5	48490·34*	509·09	530·59
6	485·66*	507·87	532·85
7	480·52*	505·94	534·88
8	475·30	504·13	536·55
9	469·66	501·77	537·75
10	464·11*	499·70	539·07
11	457·04	496·65	539·87
12	450·58	493·40	540·39
13	443·61*	490·34*	540·39

5. táblázat.

$\Delta F_1(K)$ a $^3\Pi_0$ állapoton.

K	Cameron	III. pozitív	Cameron	III. pozitív
	$Q_1(K)-P_1(K)$	$R_1(K-1)-Q_1(K)$	$P_1(K)-O_1(K)$	$Q_1(K-2)-P_1(K-1)$
4	13·92	—	12·61	—
5	17·32	17·11	15·86	—
6	20·88	20·43	18·98	—
7	23·88	23·60	23·71	23·28
8	26·85	26·91	26·12	26·75
9	30·46	30·34	29·74	29·55
10	33·96	33·38	32·61	32·72
11	36·48	36·64	36·14	36·14
12	39·82	39·97	38·84	38·96
13	—	—	42·04	42·52
14	—	—	45·60	45·43
15	—	—	48·71	48·74
16	—	—	52·51	51·99
17	—	—	55·12	55·31
18	—	—	59·00	58·70
19	—	—	62·29	61·76
20	—	—	65·05	65·13
21	—	—	68·81	68·21

6. táblázat.

$\Delta F_2(K)$ a $^3\Pi_1$ állapoton.

K	Cameron	III. pozitív	Cameron	III. pozitív
	$R_2(K)-Q_2(K)$	$Q_2(K)-P_2(K+1)$	$Q_2(K)-P_2(K)$	$R_2(K-1)-Q_2(K)$
6	23·27	23·17	20·55	19·85
7	—	26·44	23·34	23·35
8	29·31	29·59	27·13	27·10
9	33·08	32·88	30·28	30·43
10	36·39	36·32	33·95	34·00
11	39·77	39·62	37·10	37·25
12	42·90	43·12	40·65	40·51
13	46·38	46·43	44·23	43·84
14	48·70	49·54	48·17	47·09
15	53·43	52·99	50·78	50·73
16	56·85	56·35	54·46	54·16
17	—	—	57·83	57·58

7. táblázat.

$\Delta F_3(K)$ a $^3\Pi_2$ állapoton.

K	Cameron	III. pozitív	Cameron	III. pozitív
	$S_3(K)-R_3(K)$	$R_3(K+1)-Q_3(K+2)$	$R_3(K)-Q_3(K)$	$Q_3(K)-P_3(K+1)$
3	14·88	15·87	—	—
4	17·66	18·51	—	—
5	21·50	22·06	18·75	18·09
6	24·98	25·54	22·21	22·16
7	28·94	29·05	25·42	25·47
8	32·42	32·34	28·83	29·02
9	35·98	35·87	32·11	32·46
10	39·37	39·46	35·59	35·98
11	43·22	42·67	39·61	39·43
12	46·99	46·06	42·82	42·75
13	50·05	49·44	46·73	46·32

8. táblázat.

$\Delta_2 F(K)$ az $X^1\Sigma$, $v=0$ állapoton.

K	$Q_1(K-1)-O_1(K+1)$	$R_2(K-1)-P_2(K+1)$	$S_3(K-1)-Q_3(K+1)$	Közép-érték
1	—	11·87	—	11·87
2	—	19·27	—	19·27
3	—	26·86	—	26·86
4	—	34·82	34·97	34·90
5	42·28	42·39	42·43	42·37
6	50·99	—	50·07	50·53
7	57·89	57·87	57·55	57·77
8	65·60	—	65·22	65·44
9	73·15	72·79	72·44	72·79
10	81·14	80·75	80·71	80·87
11	88·04	88·69	88·49	88·43
12	95·78	95·94	96·26	95·99
13	103·54	103·41	—	103·48
14	—	111·75	—	111·75
15	—	119·02	—	119·02
16	—	127·01	—	127·01
17	—	134·97	—	134·97

mítása céljából a különféleképen nyerhető végállapot-kombinációdifferenciákat, valamint azok középértékét a 8. táblázatban állítottuk össze. Rotációs állandóul $B=1{\cdot}9225$ cm^{-1} adódott. Ugyanerre az állandóra a IV. pozitív sávrendszer adataiból extrapolálva $1{\cdot}9213$ cm^{-1}-et kaptunk (80), ami — tekintve az ottani hosszú extrapolációt — igen jó megegyezésnek mondható.

A kimérés alapján kiszámítható az $a^3\Pi$ állapot energiamagassága az $X^1\Sigma$ alapállapot felett. A számítás a P_1, Q_2 és R_3 ágak $K=0$-ra való extrapolációja útján történt. Az így adódó nullahelyek:

$$^3\Pi_0: 48436{\cdot}4 \text{ cm}^{-1}$$
$$^3\Pi_1: 48477{\cdot}9 \text{ «}$$
$$^3\Pi_2: 48512{\cdot}7 \text{ «}$$

Ezek egymástól való távolsága $41{\cdot}5$ ill. $34{\cdot}8$ cm^{-1}. Az elmélet szerint (87) ezeknek az energiadifferenciáknak A, ill. $A-4B$-vel kell egyenlőnek lenniök. Budó idézett dolgozatai (52) (53) szerint a CO $a^3\Pi$ termjére $A=41{\cdot}5$ és $B=1{\cdot}6803$ cm^{-1}, amiből egészen pontosan a fenti energiadifferenciák adódnak.

II. A szénoxidmolekula elektrontermjei.

Mivel az elemek periodusos rendszerében elfoglalt helyüknek megfelelően a szénatom 6, az oxigénatom pedig 8 pályaelektront tartalmaz, a CO molekula elektronjainak száma összesen 14. Ha Mulliken nyomán az egyes elektronok pályaimpulzusnyomatékához tartozó kvantumszám (l) lehetséges értékeit: 0, 1, 2 ... kis latin betűkkel különböztetjük meg: s, p, d ..., ezeknek a vetületét pedig a magokat összekötő tengelyre (λ) kis görög betűkkel: σ, π, δ ... jelöljük, akkor a 14 elektron elhelyezkedéséről a következő képet nyerhetjük:

Mindkét atomban a legbelső, a maghoz legközelebb eső elektronhéj, az ú. n. K-héj, két $1s$ elektront tartalmazott. Mivel ezeknek az $1s$ elektronpályáknak a közepes átmérője jóval kisebb, mint a molekulában a magok távolsága, a két atom egymáshoz való közeledése a molekulaképződés alkalmával nem befolyásolja azokat lényegesen. Így mindkét atom megtartja a molekulában

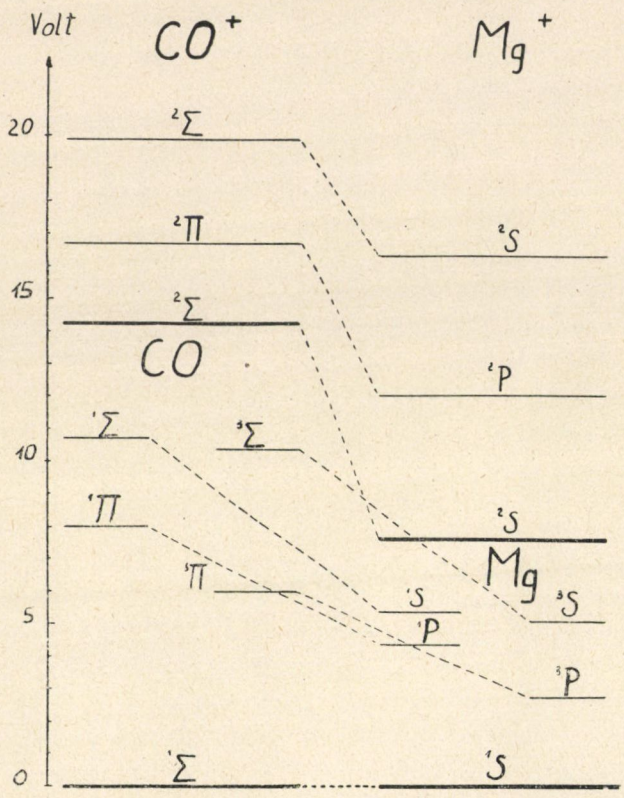
is $1s$ elektronjait, melyek egy-egy $(1s\sigma)^2$-vel jelölt, zárt héjat alkotnak; egyszerűség kedvéért ezt a négy elektront együttvéve KK elektronoknak is nevezhetjük.

A fennmaradó 10, az előbbieknél lényegesen nagyobb közepes átmérőjü pályán mozgó elektron pályáját már lényegesen befolyásolja a magoknak egymáshoz való közelítése. Ezekről az elektronokról nem is állíthatjuk, hogy az egyik vagy a másik atomhoz tartoznak, mert pályájuk oly nagy, hogy tulajdonképpen mindkét mag körül keringenek. Közülük 8 zárt héjban foglal helyet: két elektron a $2s$ héjon, hat pedig a $2p$ héjon, éspedig ez utóbbiak közül kettő σ, négy pedig π vetülettel. Vagyis az eddig felsorolt 12 elektron a következő konfigurációt mutatja:

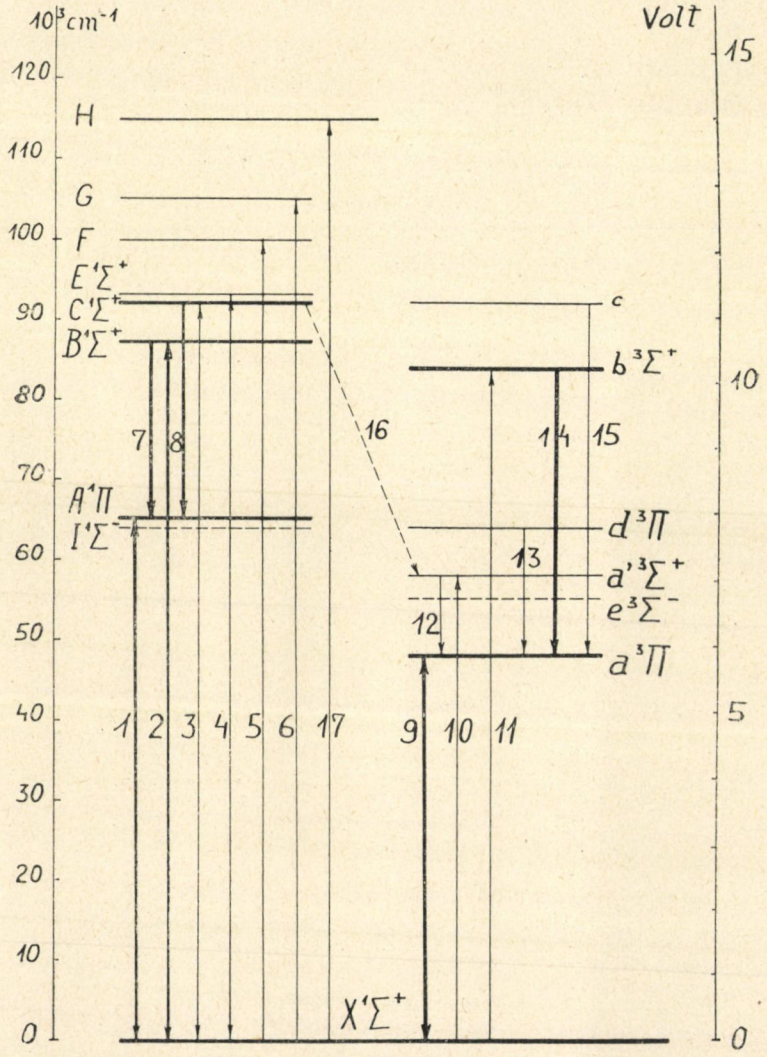
$$KK\,(2s\sigma)^2\,(2p\sigma)^2\,(2p\pi)^4.$$

Ezekhez a zárt héjakat alkotó elektronokhoz járul még két, nem zárt héjon helyetfoglaló elektron. Az atomok közül a tizenkettes rendszámú Mg atom mutat ezzel «korrespondeáló» elektronkonfigurációt. Ezért a CO elektronállapotrendszereit, a könnyebb áttekinthetőség céljából, már régen össze szokás hasonlítani a Mg atom termjeivel. A Mg atom tizenkét elektronja közül tíz nemesgázhéjon foglal helyet: kettő a heliumszerű K héjon, nyolc pedig a neonszerű L héjon. A fennmaradó két elektron spinjeinek antiparallel vagy parallel elhelyezkedése szerint szingulett és triplett termek keletkezhetnek éppúgy, mint a CO-nál. Az analogia azonban tovább is kiépíthető. A szingulett termek legalacsonyabbika (egyben az atom, ill. molekula alapállapota) ^1S, illetőleg $^1\Sigma$ term; a legalacsonyabb triplett term ^3P, ill. $^3\Pi$. A szingulett-rendszerben ^1P és ^1S, ill. $^1\Pi$ és $^1\Sigma$, a triplett-rendszerben pedig ^3S, ill. $^3\Sigma$ állapotok következnek. A szénoxid elektrontermjeit tárgyaló összefoglaló dolgozatában Herzberg (88) az analógiát még a magasabb gerjesztett termekre is kiterjesztette, ezt azonban az azóta végzett kutatás már nem igazolta. Pontos analógia áll fenn viszont az ionizált atom (Mg^+) és molekula (CO^+) termjei között; az előbbinek három legalacsonyabb termje sorban ^2S, ^2P, ^2S, az utóbbi $^2\Sigma$, $^2\Pi$ és $^2\Sigma$.

A 4. ábra a CO és a Mg, valamint a CO^+ és Mg^+ korrespondeáló termjeit tünteti fel. Míg a CO^+-nak ezen a három termjén kívül



más energiaállapota nem ismeretes, addig a neutrális *CO*-nak még jó néhány elektronnívója van, melyek nem korrespondeálnak a *Mg* megfelelő magasabb termjeivel. Éppen ezért az 5. ábrán feltüntetjük a *CO* valamennyi ismert elektronnívóját. A jobboldali skála elektronvolt, a baloldali hullámszámegységekre vonatkozik. A vastagon kihúzott vonalak azokat a termeket jelentik, melyeknek rotációs szerkezete is ismeretes s így a term faja és energiája is pontosan megállapítható. A vékonyan kihúzott termeknek csak faja ismeretes, pontos energiája nem, mivel ezek vagy csak ismert emeleteken okozott perturbációk révén, vagy pedig a hozzájuk tartozó sávrendszerek vibrációs analízise révén voltak meghatároz-



5. ábra.

hatók. Végül a szaggatott vonallal kihúzott termekről semmi közelebbi adatot sem tudunk.

Az elektrontermeket összekötő vonalak a sávrendszereket jelentik. A felfelé, illetve lefelé mutató nyilak azt jelölik, hogy az

észlelés abszorpcióban vagy emisszióban történt-e. A vastag teljes vonallal kihúzott átmenetekhez tartozó sávok finomszerkezete is fel van derítve. A melléjük írt sorszámok magyarázata a 9. táblázatban foglaltatik. Ugyanott az egyes sávrendszerekre vonatkozó irodalomra is történik utalás.

9. táblázat.

Szám	Átmenet	Sávrendszer	Irodalom
1	$A^1\Pi - X^1\Sigma$	IV. pozitív	(69) (70) (71) (80) (89) (90) (91) (92) (93) (94) (95) (107)
2	$B^1\Sigma - X^1\Sigma$	Hopfield-Birge	(110) (93) (94)
3	$C^1\Sigma - X^1\Sigma$	«	(110) (93) (94)
4	$E^1\Sigma - X^1\Sigma$	«	(110) (93) (94)
5	$F \quad - X^1\Sigma$	«	(110)
6	$G \quad - X^1\Sigma$	«	(110)
7	$B^1\Sigma - A^1\Pi$	Angström	(1) (4) (5) (42) (43) (44) (96) (97)
8	$C^1\Sigma - A^1\Pi$	Herzberg	(42) (43) (88) (97)
9	$a^3\Pi - X^1\Sigma$	Cameron	(81) (82) (83) (88)
10	$a'^3\Sigma - X^1\Sigma$	Hopfield-Birge	(110)
11	$b^3\Sigma - X^1\Sigma$	«	(110)
12	$a'^3\Sigma - a^3\Pi$	Asundi	(98)
13	$d^3\Pi - a^3\Pi$	Merton-Johnson	(101)
14	$b^3\Sigma - a^3\Pi$	III. pozitív	(51) (52) (53) (54) (56) (79) (86) (103)
15	$c \quad - a^3\Pi$	3 A	(57)
16	$C^1\Sigma - a'^3\Sigma$	Knauss	(99)
17	$H \quad - X^1\Sigma$	Henning	(111)

Az egyes elektrontermeknek részint saját méréseinken alapuló, részint az igen kiterjedt és gyakran csak nehezen hozzáférhető irodalomban található adatait a következőkben foglalhatjuk össze:

a) $X^1\Sigma^+$ *alapállapot.* A szénmonoxid-gáz diamágneses tulajdonságai, továbbá kémiai viselkedése — minden spektroszkópiai vizsgálattól eltekintve — már maguk is arra mutatnak, hogy az alapállapotú *CO* molekula elektronjai mind nemesgázszerű, kifelé semleges konfigurációban foglalnak helyet; az ilyen konfiguráció pedig szükségképen a $^1\Sigma^+$.

A molekulák alapállapotának vibrációs és rotációs termemeleteiről rendszerint az infravörös és RAMAN-spektroszkópiai

adatok szolgálnak közvetlen felvilágosítással. Ha azonban az ultraibolya, vagy látható sávos színképvizsgálatok oldaláról — pl. abszorpciós színkép finomszerkezetének észlelése révén — szintén hozzáférhető az alapállapot, akkor az ilyen módon nyert számadatok az infravörös- és RAMAN-spektroszkópiai adatok pontosságát rendszerint jóval felülmúlják. Ez az eset forog fenn a *CO* esetében is.

Azok a sávrendszerek, melyek az $X^1\Sigma$ alapállapotot tartalmazzák (l. az 5. ábrát), mind a távoli ultraibolyában vannak. A legnagyobb hullámhosszúságú közülük az ú. n. CAMERON-sávrendszer ($a^3\Pi \leftrightarrow X^1\Sigma$), 2000 Å körül. Ennek a sávrendszernek a kimérése azonban csak legújabban sikerült (l. az I. fejezetet), mert intenzitása, a szingulett-triplett interkombináció átmeneti valószínűségének megfelelően — igen kicsiny. Viszont az $A^1\Pi \rightarrow X^1\Sigma$ (IV. pozitív) sávrendszer bármilyen kisülésben, mely akár csak igen kis mennyiségű szén és oxigén jelenlétében megy is végbe, elegendő intenzitással fel szokott lépni. Ezért az alapállapotra vonatkozó legtöbb vizsgálat ezen a sávrendszeren alapul.

A IV. pozitív rendszerhez tartozó sávok hullámszámát először DESLANDRES (89) mérte meg. A kvantumelmélet szerint BIRGE (82) osztotta be a sávokat. SNOW és RIDEAL (90) a távoli ultraibolyában (2000 Å alatt), ESTEY (91) a közeli ultraibolyában (2000~2700 Å) végzett pontosabb méréseket a vibrációs analízisre vonatkozólag. ASUNDI (92) meghatározta néhány, 2500 Å körüli sáv rotációs állandóit és ezekből igyekezett extrapoláció útján kiszámítani az alapállapotú *CO* molekula tehetetlenségi nyomatékát és magtávolságát. Mivel azonban az általa kimért sávok igen magas vibrációs emeletekhez tartoztak, az extrapoláció igen hosszú és így pontatlan volt.

Az első megbízható adatok a *CO* alapállapot állandóira vonatkozólag READ-tól származnak (93) (94). READ újra kimérte a távoli ultraibolyában fekvő sávfejeket, továbbá elvégezte 12 sáv rotációs analizisét is. Ezek a sávok az alapállapot vibrációs emeleteit v=1-től v=10-ig tartalmazzák. Az Intézetből kikerült néhány dolgozat (69) (70) (95) a sávrendszer hosszabb hullámhosszúságú részének rotációs analízisével foglalkozik, v''=8-tól v''=24-ig, úgyhogy a IV. poz. sávrendszerből a következő sávok rotációs szerkezete ismeretes: (1, 1), (4, 1), (7, 1), (2, 2), (1, 3), (3, 4), (3, 5), (1, 6), (3, 7), (3, 8), (3, 9), (4, 10) [READ]; (4, 11), (5, 13), (6, 15),

(7, 16), (8, 17), (9, 18), (9, 19), (10, 20), (10, 21), (11, 20), (12, 22), (13, 24) [GERŐ]; (1, 8), (2, 9), (2, 10), (3, 9), (3, 10), (3, 11), (3, 12), (4, 10), (4, 12), (4, 13), (5, 11), (5, 12), (5, 14), (5, 15), (6, 13), (6, 14), (7, 14), (7, 15), (7, 17), (8, 16), (8, 18), (8, 19), (9, 17) (9, 20), (10, 19) [KELEMEN]. Ezeknek az adatoknak a felhasználásával sikerült az $X^1\Sigma^+$ alapállapot állandóit viszonylag igen nagy pontossággal megállapítani (80). A rotációs konstansokra a következő formula adódik:

$$CO,\ X^1\Sigma^+,\ B_v\ (\mathrm{cm}^{-1}) = 1{\cdot}9300 - 0{\cdot}01736\ (v+{}^1/_2).$$

A 10. táblázat első oszlopa a vibrációs kvantumszámot jelzi.

10. táblázat.

$X^1\Sigma$ alapállapot.

v	B_v	$X^1\Sigma\,(v)$
0	1·9225	0·0
1	1·9042	2142·1
2	1·8863	4259·1
3	1·8678	6350·3
4	1·8536	8413·9
5	1·8331	10451·7
6	1·8174	12463·4
7	1·7997	14449·1
8	1·7829	16408·4
9	1·7646	18342·0
10	1·7475	20249·2
11	1·7296	22130·9
12	1·7130	23987·0
13	1·6957	25816·9
14	1·6778	27621·7
15	1·6599	29401·2
16	1·6434	31153·9
17	1·6256	32882·4
18	1·6090	34485·5
19	1·5910	36263·1
20	1·5732	37916·2
21	1·5561	39544·4
22	1·5390	41144·6
23	—	42721·6
24	1·5048	44273·1

11. táblázat.

$A^1\Pi \rightarrow X^1\Sigma$ sávrendszer.

v' \ v''	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	—	62601·8	60484·7	58393·2	56329·4	54291·8	—	—	—	—	—	—	—
1	66231·3	—	—	59881·6	57818·3	55780·6	53768·5	51782·4	49823·4	—	—	—	—
2	67674·8	65533·1	63416·1	61325·2	—	57224·2	55212·9	53227·7	51268·2	49334·5	47427·3	—	—
3	69087·2	66944·3	64828·1	—	60674·5	58636·3	—	54640·3	52680·6	50747·2	48839·7	46959·2	45101·9
4	—	—	—	—	62055·3	—	—	—	—	52125·2	50218·2	48335·4	46480·7
5	71807·2	69666·1	—	64117·1	—	61356·6	—	57360·0	55400·9	—	51560·0	49678·2	47821·9
6	—	70973·2	68855·9	—	—	—	—	58667·1	—	54774·5	—	—	49130·0
7	—	72248·3	70131·1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	—	—	71370·8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9	—	—	72576·9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	—	—	73750·0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
13	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

v' \ v''	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	44649·9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	45992·8	44187·4	42408·2	40655·3	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	47300·3	45496·1	43716·6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7	—	46770·2	44990·5	43238·1	41509·0	—	—	—	—	—	—	—	—
8	—	—	—	44476·5	42748·6	41045·5	39367·7	—	—	—	—	—	—
9	—	—	—	—	43953·9	42251·3	40574·0	38920·2	—	—	—	—	—
10	—	—	—	—	—	—	41744·6	40092·2	38464·0	—	—	—	—
11	—	—	—	—	—	—	—	41229·0	—	37998·5	—	—	—
12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	39101·9	—	—	—
13	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	37040·1	—

A második oszlop a kísérleti adatokból számított B_v rotációs állandókat tartalmazza. READ adatainál — az elsőtől a hetedik vibrációs emeletig — bizonyos korrekció mutatkozott indokoltnak;[1] a táblázat a korrigált értékeket adja. A $v=0$ emelet rotációs állandóját a (0, 0) $a^3\Pi$—$X^1\Sigma$ (CAMERON)-sávnak az előző fejezetben ismertetett analizise szolgáltatta. — A harmadik oszlop az egyes vibrációs termemeletek magasságát adja, a $v=0$, $J=0$ termtől számítva.

A 11. táblázat a IV. poz. sávrendszer sávjainak nullahelyeit tartalmazza, egyrészt az Intézetből származó mérések, másrészt READ sávfej-adataiból számítás útján nyert értékek alapján.

b) Az $A^1\Pi$-term, a szingulett termrendszer legalacsonyabb gerjesztett elektrontermje, a IV. pozitív sávrendszer felső- és az ANGSTRÖM- és HERZBERG-sávrendszer alsó állapota. Vibrációs és rotációs szerkezetének adatait a 12. táblázat tartalmazza.

12. táblázat.

$A^1\Pi$ állapot.

v	B_v	$A^1\Pi(v)$
0	1·6001	64743·6
1	1·5775	66232·3
2	1·5554	67676·5
3	1·5326	69088·8
4	1·5095	70467·3
5	1·4861	71809·5
6	1·4624	73117·3
7	1·4384	74391·9
8	1·4138	75631·1
9	1·3900	76837·2
10	1·3651	78009·1
11	1·3421	79145·9
12	1·3167	80247·2
13	1·2915	81313·9

A vibrációs emeletek energiamagasság-értékei a IV. poz. sávrendszer említett analiziséből származnak.(70) A rotációs állan-

[1] L. SCHMID és GERŐ, l. c. (80).

dók az összes rendelkezésre álló adatok alapján készültek (80) és a következő formula állítja elő azokat:

CO, $A^1\Pi$: B_v (cm^{-1}) $= 1{\cdot}6116 - 0{\cdot}02229\,(v+{}^1/_2) - 0{,}000105\,(v+{}^1/_2)^2$.

Mint a 12. táblázatból látható, a IV. poz. sávrendszerben az $A^1\Pi$ kezdőállapot legmagasabb vibrációs nívója a $v=13$-hoz tartozó. Ezen a nívón predisszociáció lép fel; a magasabb emeletek egyáltalán nem észlelhetők.

Az Angström-sávok ($B^1\Sigma \rightarrow A^1\Pi$) közül a következők vannak meganalizálva: (0, 0), (0, 1), (0, 2), (0, 3), (0, 4) [Coster és Brons] (5); (0, 0), (0, 1), (1, 0), (1, 1) [Schmid és Gerő] (42); (0, 4), (0, 5) [Asundi] (96). A sávok nullahelyeit a 13. táblázat tartalmazza.

13. táblázat.

$B^1\Sigma \rightarrow A^1\Pi$ sávrendszer.

v' \ v''	0	1	2	3	4	5
0	22169·6	20687·5	19240·2	17827·4	16449·5	15107·1
1	24251·7.	22769·6	—	—	—	—

A Herzberg-sávok nullahelyei a következők: (97)

$0 \rightarrow 0$	27172·7 cm^{-1}
$0 \rightarrow 1$	25690·6 «
$0 \rightarrow 2$	24243·2 «
$0 \rightarrow 3$	22830·4 «
$0 \rightarrow 4$	21452·6 «

A rotációs analizist Schmid és Gerő hajtották végre.

Az $A^1\Pi$ nívó különböző vibrációs emeletein a perturbáció- és predisszociáció-jelenségek egész sora fordul elő; ezekről a perturbációkat okozó termeknél lesz szó.

c) Az $I^1\Sigma^-$ nivóhoz nem tartozik semmiféle ismert sávrendszer. Hogy abszorpcióban sem észlelték, az érthető abból, hogy mint Σ^- termre, a Σ^+ alapállapotról nincsen reá átmenet. Erről az elektrontermről csak a perturbációk révén szerezhetünk tudomást, melyeket az $A^1\Pi$ termen okoz. Az $A^1\Pi$-nek már a $v=1$ emeletén is okoz az $I^1\Sigma^-$-term perturbációt; így nem állapítható meg, hogy ez

a — legalsóbb ismert — vibrációs emelete milyen kvantumszámhoz tartozik.

d) A $B^1\Sigma^+$-term az ANGSTRÖM-sávok kezdőállapota. Predisszociáció miatt csak a $v=0$-ás és $v=1$-es emelete ismeretes. A nullás emeleten $J=37$, az egyesen $J=17$ után következik be a predisszociáció. Ezt a termet abszorpcióban is észlelték (HOPFIELD—BIRGE). Állandói a következők:

14. táblázat.

$B^1\Sigma$ állapot.

v	B_v	$B^1\Sigma(v)$
0	1·9477	86913·2
1	1·921	88995·3

e) A $C^1\Sigma^+$-term mindenben hasonlít a $B^1\Sigma$-hoz. A HERZBERG-sávok kezdőállapota; abszorpcióban szintén HOPFIELD—BIRGE észlelték. Predisszociáció miatt, mely $J=28$ után lép fel, csak a nullás emelete ismert. Ennek adatai:

$$\nu_0 = 91916{\cdot}3 \text{ cm}^{-1}, \quad B_0 = 1{,}9422 \text{ cm}^{-1}.$$

A $C^1\Sigma$ termet tartják az interkombinációs ú. n. KNAUSS-féle sávrendszer kezdőállapotának is; erről a triplett termek tárgyalásánál lesz szó.

f) Az $E^1\Sigma^+$ term-et, illetve az $E^1\Sigma^+ \longleftrightarrow X^1\Sigma^+$ átmenetet HOPFIELD és BIRGE abszorpcióban, READ pedig emisszióban észlelte. Csak $v=0$ vibrációs emelete van, valószínűleg predisszociáció miatt. Energiamagassága READ szerint 92841·9 cm^{-1}. Rotációs szerkezete nincsen felderítve. Minthogy azonban READ szerint az $E^1\Sigma$—$X^1\Sigma$, (0, 0) sáv két divergáló ágból áll, az E termnek is $^1\Sigma^+$-nak kell lennie és rotációs állandója igen közel akkora, mint az $X^1\Sigma$ alapállapoté.

g) Az F term-et HOPFIELD és BIRGE észlelték abszorpcióban. Faja és rotációs szerkezete nem ismeretes. Adatai:

$$\nu_0 = 99730 \text{ cm}^{1-}, \quad \omega_0 = 2112 \text{ cm}^{-1}, \quad \omega_0 x_0 = 198 \text{ cm}^{-1}.$$

Igen gyorsan konvergál, disszociációs energiája csak 0·6 Volt körül lenne; ezek az adatok azonban még megerősítésre szorulnak.

h) A G term-et 105266 cm^{-1} energiamagasságban szintén HOPFIELD és BIRGE észlelték abszorpcióban. Semmi közelebbi adat nem áll róla rendelkezésre.

i) Az $a^3\Pi$ term a legalacsonyabb triplett term és mint ilyen, tulajdonképpen a négy vegyértékű szenet tartalmazó *CO*-alakulat (a bevezetésben említett carbonyl-gyök) alapállapota. Az $X^1\Sigma$ szingulett-alapállapottal való kombinációja a CAMERON-sávrendszer, melyet emisszióban és abszorpcióban is észleltek (81) (82). Ezenkívül végállapota valamennyi triplett sávrendszernek: a III. pozitív ($b^3\Sigma \rightarrow a^3\Pi$), ASUNDI ($a'^3\Sigma \rightarrow a^3\Pi$), MERTON—JOHNSON ($d^3\Pi \rightarrow a^3\Pi$) és «3*A*» ($c^3\Sigma? \rightarrow a^3\Pi$) sávoknak. Mindezek közül a III. pozitív sávrendszer rotációs analizise van — részben — végrehajtva. Az $a^3\Pi$ term különféle állandóit — BUDÓ (51) (52) számításai alapján — a 15. táblázat tartalmazza.

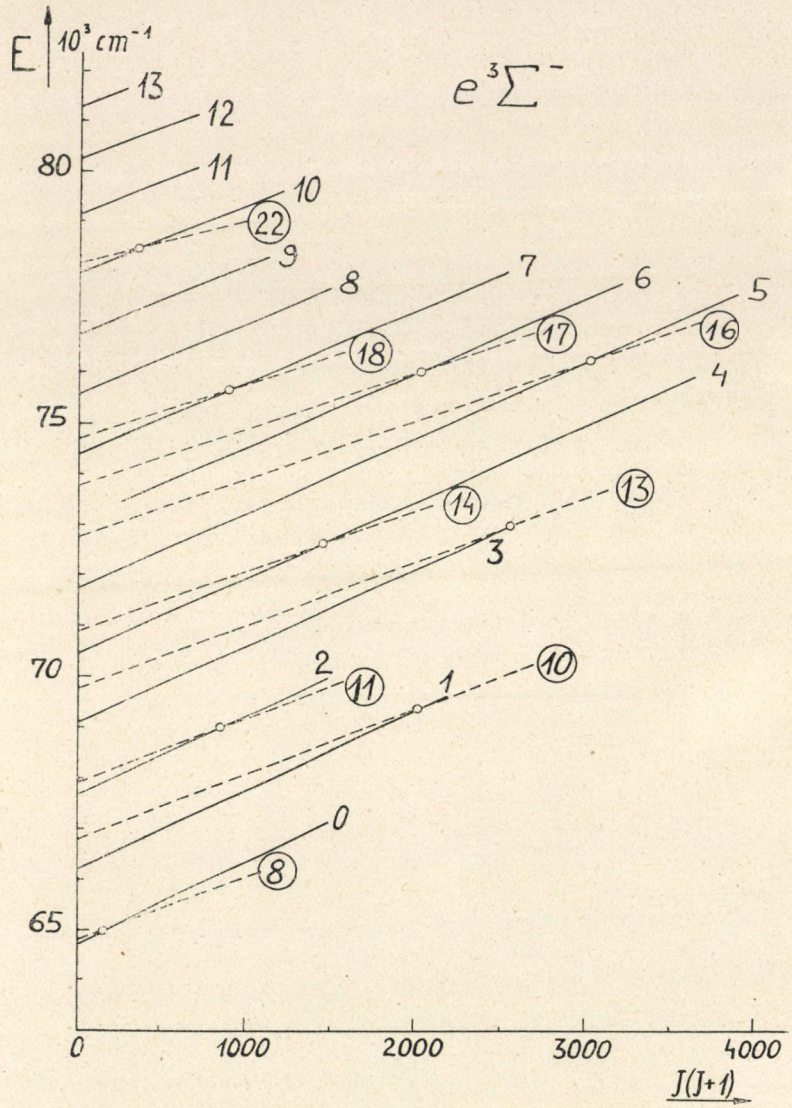
15. táblázat.

$a^3\Pi$ állapot.

v	B_v	Y	A	$a^3\Pi_1(v)$
0	1·6803	24·7	41·5	48477·9
1	1·6627	25·0	41·5	50192·7
2	1·6433	25·1	41·2	51876·4
3	1·6231	25·3	41·0	53532·6
4	—	—	—	55159·9

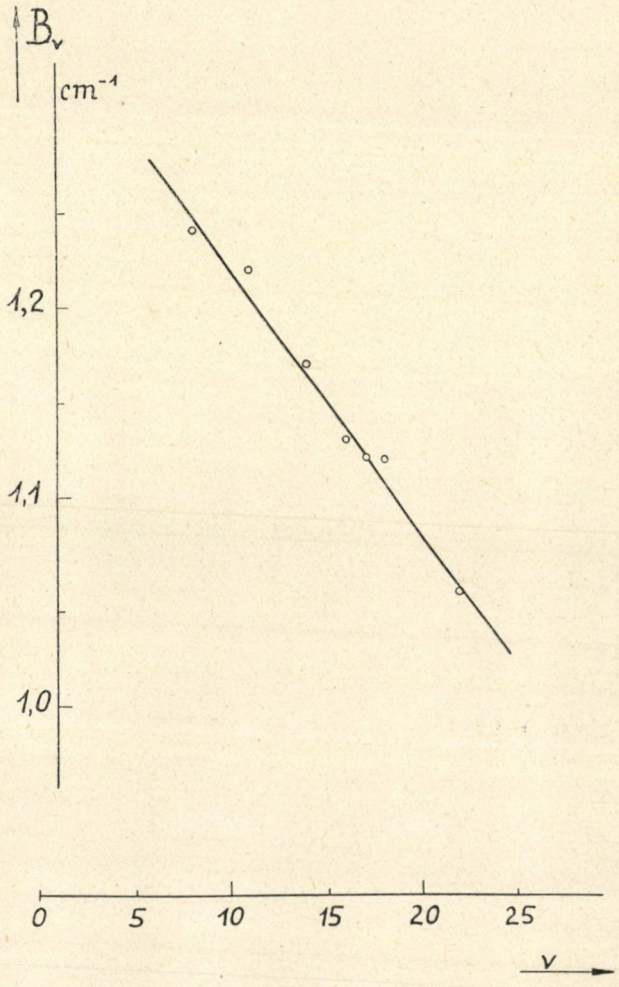
j) Az $e^3\Sigma^-$ term-ről, éppúgy, mint az $I^1\Sigma^-$-ról, nem ismeretes átmenet más termekre. Ez a term az $A^1\Pi$-n okoz perturbációkat.

A 6. ábra $J(J+1)$ függvényében az $A^1\Pi$ elektronnívó különféle vibrációs emeleteihez tartozó rotációs termek energiáit tűnteti fel. Az átmetszések helyei körökkel, az átmetsző $e^3\Sigma^-$ vibrációs emeleteihez tartozó termsorok pedig szaggatott vonalakkal vannak jelölve. Az átmetszések adataiból a perturbáló nívók adatai kiszámíthatók (5) (44). A 16. táblázat első oszlopa a perturbált, a



6. ábra.

második a perturbáló termsor vibrációs kvantumszámát jelzi (v_A és v_e), a következő három az átmetszések helyének rotációs kvantumszámát (J_1, J_2, J_3). B a kiszámított rotációs állandó. Ezt tün-



7. ábra.

teti fel a 7. ábra a v kvantumszám függvényében. Feltéve, hogy B a vibrációs kvantumszám lineáris függvénye, a következő formulát kapjuk:

$$B_v = B_0 - av = 1{\cdot}349 - 0{\cdot}013v.$$

Ezt a formulát ábrázolja a 7. ábra egyenese. A belőle visszaszámított

állandókat a 16. táblázat B_{calc} rovata tartalmazza. Végül az utolsó oszlopban a perturbáló termemeletek extrapolált nullahelyei vannak feltüntetve.

16. táblázat.

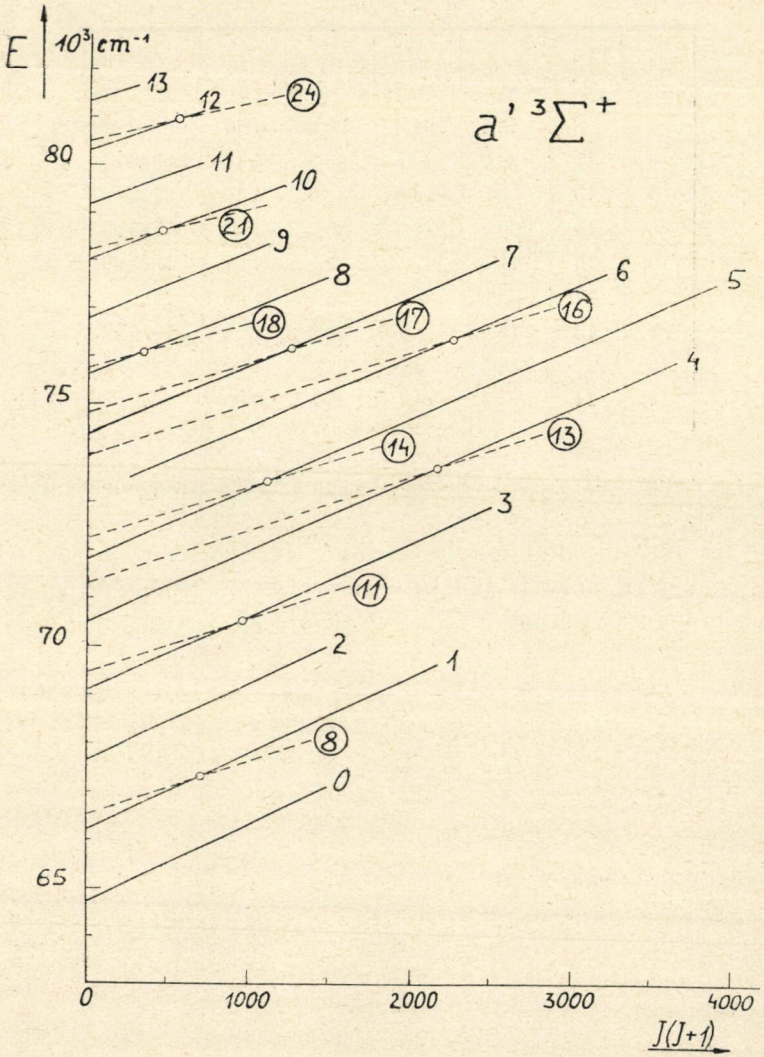
$e^3\Sigma^-$ állapot.

v_A	v_e	J_1	J_2	J_3	B_v	$B_{calc.}$	$e^3\Sigma\,(v)$
0	8	9·3	12·3	16·4	1·24	1·245	64801·7
2	11	25·2	28·4	32·2	1·22	1·206	67967·9
4	14	34	37	40	1·17	1·167	70949·6
5	16	50	53	56	1·13	1·141	72794·0
6	17	41	44	47	1·12	1·128	73776·6
7	18	26	29	32	1·12	1·115	74672·9
10	22	15·5	18	21	1·06	1·063	78112·4

k) Az $a'^3\Sigma$ term az ASUNDI-sávok (98) kezdőállapota. Ennek a sávrendszernek az analizise az Intézetben folyamatban van. A $C^1\Sigma \rightarrow a'^3\Sigma$ interkombinációs KNAUSS-féle (99) sávrendszer szintén ezen a nívón végződne; az erre vonatkozó adatok azonban még megerősítésre várnak.

HOPFIELD és BIRGE (100) abszorpcióban észlelték az $a'^3\Sigma$ term $v=0$ és $v=1$-es állapotát, 57763, ill. 58927 cm^{-1} energiamagasságban. Az ismert ASUNDI-sávok $v=2$-től $v=9$-ig tartalmazzák a vibrációs nivókat. Innen az $A^1\Pi$ nívón, majd a III. poz. sávrendszer $b^3\Sigma$ kezdőállapotán előidézett perturbációk révén egészen a diszszociációs határáig követhető ez a nívó.

A 8. ábra — ismét $J(J+1)$ függvényében — az $A^1\Pi$ nívó termjeit tünteti fel. Az $a'^3\Sigma$ által előidézett perturbációk helyeit körök jelzik. A perturbációk adatait, a belőlük számított rotációs állandókat és az $a'^3\Sigma$ term egyes vibrációs emeleteinek nullahelyeit a 17. táblázat tartalmazza, a 16. táblázathoz hasonló elrendezésben. A 9. ábra a rotációs állandókat, a 10. pedig a vibrációs termemeleteket tünteti fel a v vibrációs kvantumszám függvényében. A 10. ábra baloldalán teljes vonallal kihúzott termeket — részint valódi átmenetek, részint perturbációk révén — tényleg észlel-


E
10³ cm⁻¹
a' ³Σ⁺
80
75
70
65
0
1000
2000
3000
4000
J(J+1)
13
12
24
11
10
21
9
8
7
6
5
18
17
16
4
14
13
3
11
2
1
8
0

8. ábra.

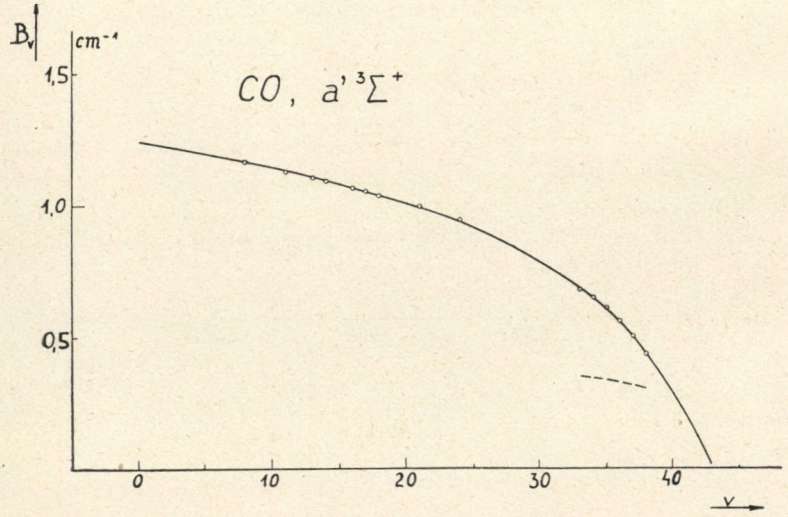
17. táblázat.

$a'^3\Sigma^+$ állapot.

v_A	$v_{a'}$	J_1	J_2	J_3	B_v	$a'^3\Sigma^+(v)$
1	8	23·5	26·2	29·0	1·17	66525·2
3	11	28·0	30·7	33·5	1·13	69480·4
4	13	43·5	46·0	48·5	1·10	71338·6
5	14	30	32·5	35	1·09	72234·1
6	16	44·5	47	49·5	1·07	73994·9
7	17	33	35·5	38	1·06	74883·0
8	18	16	18	20·5	1·06	75753·2
10	21	18·5	20·5	23	1·00	78165·1
12	24	21·5	24	26·5	0·95	80452·4

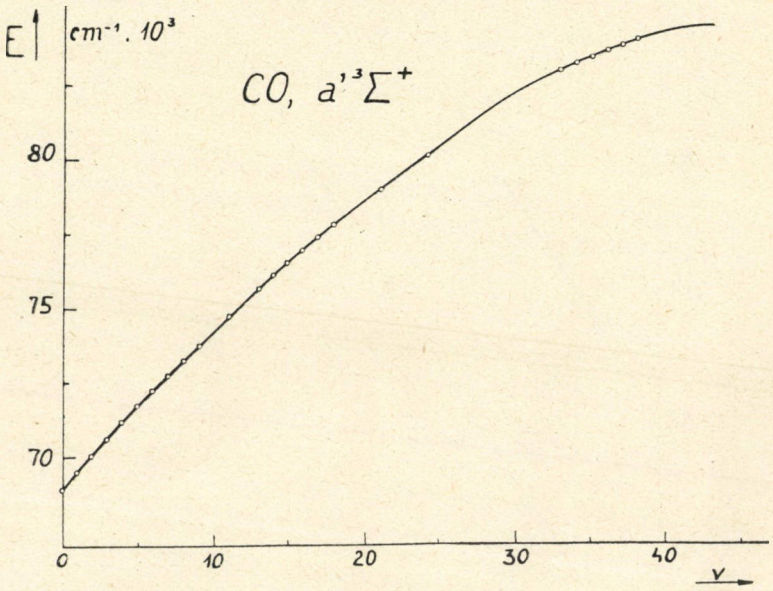
ték; a szaggatott vonallal jelzett termek helye interpoláció útján adódott.

Az ASUNDI által észlelt, $v=8$-hoz tartozó vibrációs emelet összeesik azzal, amelyik az $A^1\Pi$ term $v=1$-es emeletén okoz perturbációt; így itt az átmenet folytonos. A $b^3\Sigma$ emeletei azonban vala-



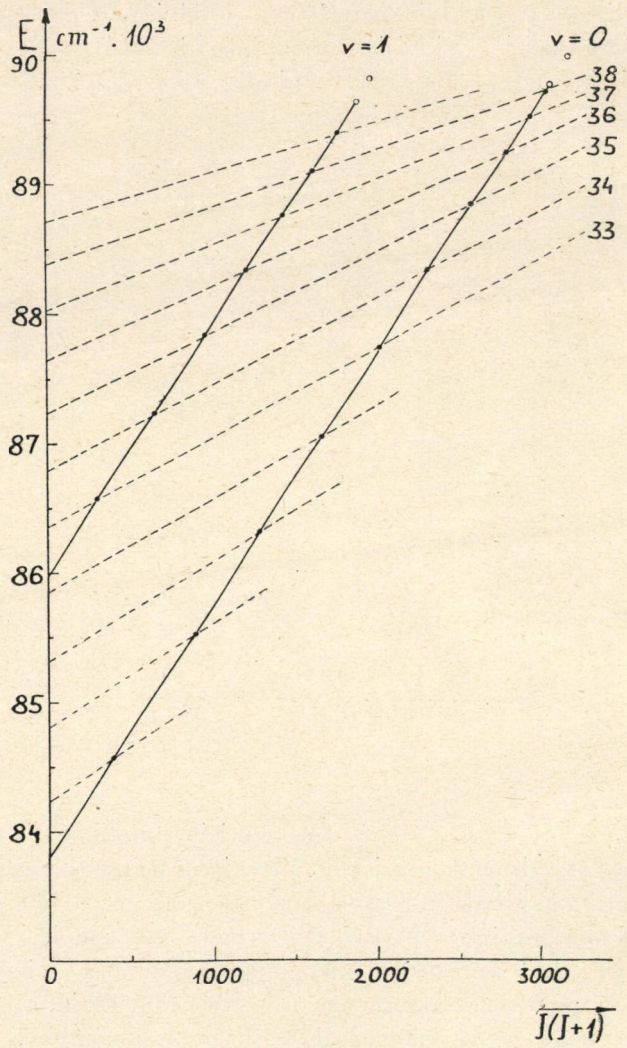
9. ábra.

mivel feljebb vannak, mint az $A^1\Pi$ legfelsőbb ismert emelete, úgyhogy köztük néhány vibrációs term kimarad. A távolság azonban olyan kicsiny, hogy az átmenetet minden zökkenő nélkül, teljesen egyértelműen végre lehet hajtani.



10. ábra.

A 11. ábra a $b^3\Sigma$ $v=0$ és 1-es termjeit tüntetik fel, a perturbációs helyeket ismét körök jelzik. Mivel itt a perturbáló és perturbált termek egyformán $^3\Sigma^+$ nívókhoz tartoznak, magából a perturbációból nem tudjuk a perturbáló termek B állandóit az előbb felhasznált módszer szerint kiszámítani, minthogy mindhárom triplettkomponensen csak egy-egy átmetszés van. Tekintettel azonban arra, hogy egy-egy perturbáló termsor két nívón okoz átmetszést, a megfelelő átmetszési helyek összekötése révén mégis megállapítható a perturbáló nívó elhelyezkedése is. Hogy melyik átmetszési helyeket kell összekötni, arra nézve a B állandók monoton változása, illetőleg a 9. ábra szolgál felvilágosítással. Ha ugyanis az összekötések rendszerét bármely irányban is eltoljuk eggyel, az ábrán szaggatott vonalakkal jelzett B_v állandókat kapnánk,



11. ábra.

amelyek semmiképen sem hozhatók összehangba az A emeleten nyert állandókkal. Az egyetlen lehetséges összekötési sorrend éppen az, amit a 11. ábrába rajzoltunk.

A 18. táblázat első rovata a vibrációs kvantumszámot tar-

18. táblázat.

$a'^3\Sigma^+$ állapot.

v	Hopfield-Birge és Asundi	$A^1\Pi$	$b^3\Sigma$	B_v
0	57763	—	—	1·236
1	58927	—	—	1·230
2	60074	—	—	1·223
3	61200	—	—	1·216
4	62302	—	—	1·208
5	63387	—	—	1·200
6	64449	—	—	1·191
7	65495	—	—	1·181
8	66521	65525·2	—	1·171
9	67532	—	—	1·160
10	—	69480·4	—	1·149
11	—	—	—	1·137
12	—	71338·6	—	1·123
13	—	72234·1	—	1·110
14	—	—	—	1·097
15	—	73994·9	—	1·084
16	—	74883·0	—	1·070
17	—	75753·2	—	1·055
18	—	—	—	1·041
19	—	—	—	1·026
20	—	78165·1	—	1·010
21	—	—	—	0·993
22	—	—	—	0·975
23	—	80452·4	—	0·957
24	—	—	—	0·939
25	—	—	—	0·919
26	—	—	—	0·893
27	—	—	—	0·870
28	—	—	—	0·845
29	—	—	—	0·820
30	—	—	—	0·790
31	—	—	—	0·758
32	—	—	—	0·720
33	—	—	86350	0·682
34	—	—	86790	0·643
35	—	—	87225	0·600
36	—	—	87625	0·552
37	—	—	88020	0·498
38	—	—	88375	0·433
39	—	—	—	0·360
40	—	—	—	0·285
41	—	—	—	0·200
42	—	—	—	0·108

talmazza, a második, harmadik és negyedik a vibrációs termemeletek magasságát HOPFIELD—BIRGE és ASUNDI, az $A^1\Pi$ perturbációk és végül a $b^3\Sigma$ perturbációk alapján. Az utolsó rovatban a rotációs állandók vannak feltüntetve.

l) A $d^3\Pi$-term a MERTON—JOHNSON-féle (101) «triplett» sávrendszer kezdőállapota. Ennek a sávrendszernek az analizise Intézetünkben szintén tervbe van véve és így közelebbi adatokat egyelőre nem közölhetünk. Az $A^1\Pi$ nívón ez a term is okoz perturbációkat.

m) A $b^3\Sigma$ term a III. pcz. sávrendszer kezdőállapota. Ennek a sávrendszernek (0, 0), (0, 1), (0, 2) és (0, 3) sávjait DIEKE és MAUCHLY(85) analizálták, az (1, 0) sávot pedig GERŐ (79). Ez utóbbi sávról régebben azt hitték, hogy kezdőállapota önálló elektronterm: a b' term, amelyről kiinduló sávrendszer az ú. n. ASUNDI-féle «5*B*» rendszer. Ugyanígy a $v'=2$-höz tartozó sávokat «Kaplan sávok» néven önálló rendszernek tartották. Ezek a $v'=2$ sávok még nincsenek meganalizálva. Az egész rendszer szerkezetét a számos igen nagy perturbáció olyan bonyolulttá teszi, hogy az analizis egészen rendkívüli nehézségekbe ütközik. Ezek a perturbációk a 19. táblázatba foglalt állandók pontosságát is károsan

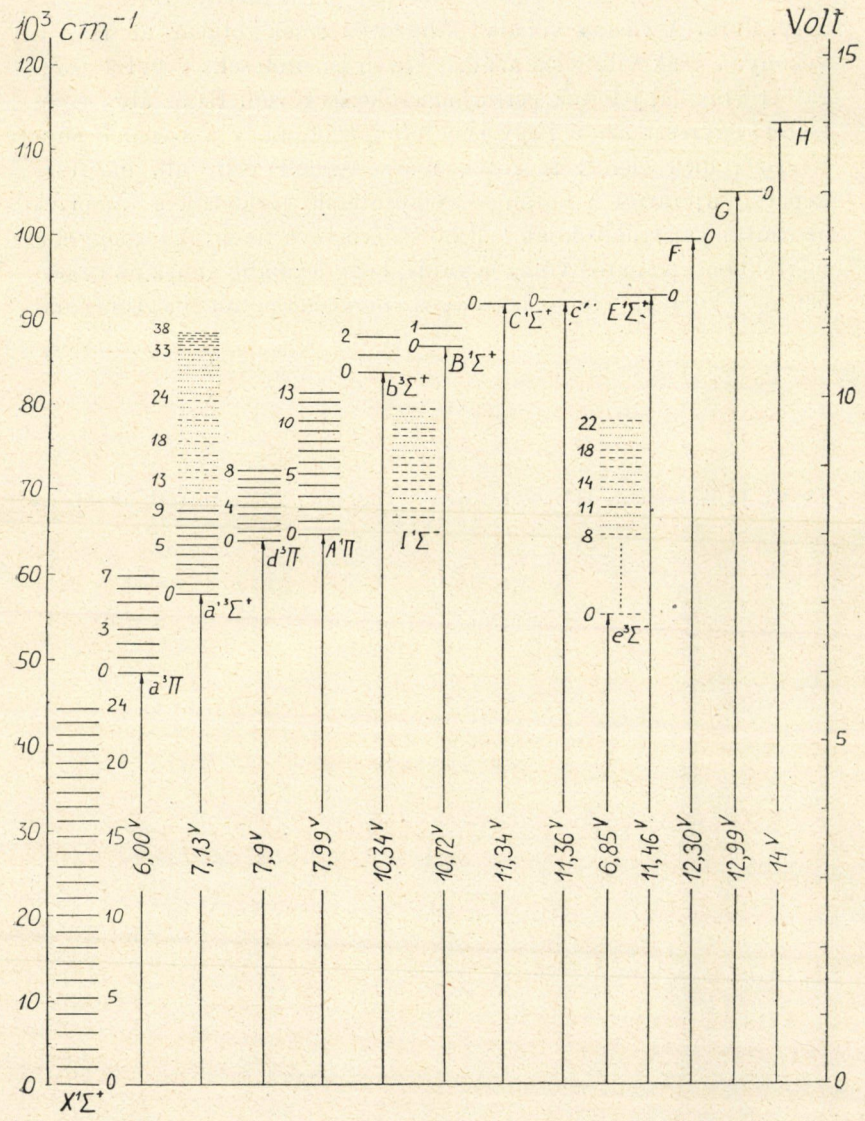
19. táblázat.

$b^3\Sigma$ állapot.

v	B_v	$b^3\Sigma(v)$
0	2·058	83835·9
1	2·025	86033·9

befolyásolják. A b nívón is van predisszociáció; a $v=0$ emelet $J=55$-nél, a $v=1$ pedig $J=42$-nél elfogy; a $v=2$ emeleten felül már nem is ismeretes több vibrációs emelet.

n) A c nívó az ú. n. «3*A*» rendszer kezdőállapota. Ennek a sávrendszernek az analizise eddig még nem sikerült. Csak egyetlen, $v'=0$-hoz tartozó sávsorozatból áll; a c felsőállapoton valószínűleg $J=25$ körül predisszociáció lép fel (57).


10^3 cm^{-1}
Volt
120
110
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
15
10
5
0
$X^1\Sigma^+$
$a^3\Pi$
$a'^3\Sigma^+$
$d^3\Pi$
$A^1\Pi$
$b^3\Sigma^+$
$I^1\Sigma^-$
$B^1\Sigma^+$
$C^1\Sigma^+$
c'
$e^3\Sigma^-$
$E^1\Sigma^+$
F
G
H
6,00 V
7,13 V
7,9 V
7,99 V
10,34 V
10,72 V
11,34 V
11,36 V
6,85 V
11,46 V
12,30 V
12,99 V
14 V

12. ábra.

A *CO* valamennyi ismert vibrációs termemeletét tartalmazza a 12. ábra. A vastag vonallal kihúzott termek rotációs analizis, a vékonyak csak vibrációs analizis révén ismeretesek; végül a szaggatott vonallal jelöltek perturbáció-okozás révén. Ez az ábra érzékelteti egyrészt azt a nagy ismeretanyagot, mely a szénoxid sávrendszereinek elemezése révén máris rendelkezésre áll, másrészt képet nyujt arról a hatalmas felkutatandó területről is, amelyet az ezutáni vizsgálatoknak kell hozzáférhetővé tenni. A legnagyobb mértékben kívánatos volna ugyanis, hogy legalább ennek az egyetlen molekulának összes lehetséges energiaállapotait megismerjük.

(A M. T. Akadémia III. osztályának 1936. nov. 23-án tartott üléséből.)

Mitteilung aus dem Physikalischen Institut der Königl. Ungarischen Universität für technische und Wirtschaftswissenschaften.

ÜBER DIE ENERGIEZUSTÄNDE DES *CO* MOLEKÜLS.

Von R. SCHMID und L. GERŐ, in Budapest.

Die Zusammenfassung des Inhaltes der Arbeit wurde in deutscher Sprache am Ende des gleichbetitelten zweiten Teiles (s. S. 763. dieses Bandes) angeschlossen.

(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften vom 23. November 1936.)

A SZÉNOXIDMOLEKULA ENERGIAÁLLAPOTAIRÓL II.[1]

SCHMID REZSŐ- és GERŐ LORÁND-tól.

I. Predisszociációk és disszociációs energiák.

A *CO* sávos színképén észlelt, illetve feltételezett predisszociációk a kritikus, disszociációra vezető energianívó magasságának megállapíthatósága szerint három csoportba oszthatók: 1. Olyanok, ahol a rotációs szerkezet intenzitáscsökkenése egynél több vibrációs emeleten észlelhető; ilyenkor a predisszociációnak éles felső és alsó határa állapítható meg. 2. Ha az intenzitáscsökkenés csak egy vibrációs emeleten észlelhető, akkor csak a felső határ állapítható meg. 3. A vibrációs szerkezetnek bizonyos vibrációs kvantumszámnál való hirtelen megszakadásából szintén predisszociációra következtethetünk, ennek energiamagasságát azonban csak becsléssel, az előbbieknél jóval tágabb hibahatárok között állapíthatjuk meg.

1. *a)* A *CO* ANGSTRÖM-sávok ($B^1\Sigma—A^1\Pi$) $B^1\Sigma$, $v=0$ kezdőállapotán COSTER és BRONS (5)[2] a $J=37$ és 38 rotációs kvantumszámok között észleltek intenzitáscsökkenést. Ugyanennek az elektrontermnek $v=1$ vibrációs emeletén SCHMID és GERŐ (42) találták meg a 17. és 18. rotációs nívó között a megfelelő effektust. Az utolsó nem befolyásolt, valamint az első gyengített intenzitású termek energiaértékéből a predisszociáció alsó és felső határát kiszámíthatjuk (102): 89573·5, ill. 89666·8 cm^{-1}-et kapunk, az $X^1\Sigma$,

[1] Az I. részt l. ugyanezen kötet 691. oldalán.

[2] Az irodalmi utalások folytatólagosan, az idézett sorszám szerint a 69. oldalon találhatók.

$v=0$, $J=0$ alapállapottól számítva (70); vagyis a predisszociáció valószínű helye 89620 ± 47 cm^{-1}.

b) A III. pozitív ($b^3\Sigma \rightarrow a^3\Pi$) sávrendszer $b^3\Sigma$, $v=0$ kezdőállapotán egyidőben és egymástól függetlenül BRONS (103) és GERŐ (55) észleltek predisszociációt. Mint az első fejezetben láttuk, ezen a nívón egész sor egymáshoz hasonló perturbáció található, melyek a rotációs kvantumszám növekedésével mind közelebb kerülnek egymáshoz. Minthogy ezek a perturbációk ugyanazon elektronnívó egymás után következő vibrációs emeleteitől származnak, sűrűsödési helyüket extrapoláció útján megállapíthatjuk. Ez annak az energiamagasságnak felel meg, melynél az illető molekulaterm atomokra disszociál. A konvergenciahely az 55. és 56. rotációs term közé esik. Ezen a helyen csatlakozik a perturbáló diszkrét molekulatermekhez a szeparált atomokhoz, illetőleg azok különféle kinetikus energiáihoz tartozó kontinuum, mely predisszociációt okozhat. Valóban, az utolsó észlelt vonalak mind a $b^3\Sigma$ kezdőállapot $K'=55$-ös termjéhez tartoznak, $K'=56$-tal már egyetlen vonal sem észlelhető. — A $v=1$-es emeleten $K=42$ és 43 között található a predisszociáció (79).[1] Ennek alapján a $b^3\Sigma$ nívón a predisszociáció alsó és felső határa 89475,7 ill. 89946·5 cm^{-1}-nek, valószínű helye tehát 89711 ± 235 cm^{-1}-nek adódik. A hibahatár itt jóval nagyobb, mint a $B^1\Sigma$ nívónál. Ennek az az oka, hogy ott a két legmagasabb vibrációs emeleten, mely még a predisszociációs határ alatt fekszik, történt a predisszociáció észlelése, a $b^3\Sigma$ nívónak viszont még egy, $v'=2$-höz tartozó emelete fekszik a határ alatt (az ú. n. KAPLAN-sávok kezdőállapota); az utóbbiak rotációs analizise azonban még nem készült el.

c) A IV. pozitív sávrendszer ($A^1\Pi - X^1\Sigma$) $A^1\Pi$ kezdőállapotán három egymásután következő vibrációs emeleten sikerült predisszociációt megfigyelni (70) (71): a $v'=9$-en $J=21$ és 22 között, a $v'=8$-on $J=36$ és 37 között, a $v'=7$-en pedig $J=47$ és 48 között. A sávvonalak intenzitáscsökkenése itt nem olyan nagyfokú, mint pl. a III. poz. sávokon; a vonalak nem tűnnek el teljesen. Az effektus

---

[1] Az $1 \rightarrow 0$ sávon jól megfigyelhető, hogy a predisszociációnak milyen éles a határa; a $K=43$ kvantumszámtól kezdve egyetlen vonal sem található.

csak az R és P ágakban mutatkozik, a Q ágban nem. A predisszociáció alsó és felső határa 77452·6 és 77540·5 cm^{-1}; középértékben 77497 ± 44 cm^{-1}.

2. *a)* Ugyancsak az $A^1\Pi$ nívón, az 1*c)* alatt tárgyalt predisszociáció közvetlen közelében, még egy másik predisszociáció is található (70), mégpedig a $v'=9$ nívón, a $J=27$ és 28 között. Hogy ez a predisszociáció alacsonyabb vibrációs emeleteken is megvan-e, azt nem lehetett eldönteni, mert ezeken az emeleteken az alacsonyabban fekvő előbbi predisszociáció erősen legyengíti az amúgy is kis intenzitású, magas rotációs kvantumszámú vonalakat. A hatás a Q ágon is észlelhető, tehát az $A^1\Pi$ nívó A-típusú dublettjének mindkét komponensére kiterjed. Az utolsó nem befolyásolt és első befolyásolt nívó magassága 77888·0 ill. 77965·9 cm^{-1}; az utóbbi a predisszociáció felső határa. Alsó határt nem lehet megállapítani mert a predisszociáció csak egy vibrációs nívón észlelhető.

b) A HERZBERG-sávok ($C^1\Sigma \rightarrow A^1\Pi$) $C^1\Sigma$ kezdőállapotán SCHMID és GERŐ (54) a $v'=0$ emeleten, $J=28$ és 29 között észleltek predisszociációt. A vonalak itt is csak meggyengülnek, de nem tűnnek el teljesen. Az effektus csak egy vibrációs emeleten észlelhető, mivel a $C^1\Sigma - A^1\Pi$ sávoknak csak egyetlen, $v'=0$-hoz tartozó sorozata ismeretes. Az utolsó, nem befolyásolt nívó energiája 93495·8 cm^{-1}, az első befolyásolté 93607·9 cm^{-1}. Ez utóbbi a predisszociáció felső határa; alsó határt itt sem lehet megállapítani.

3. *a)* A vibrációs szerkezet megszakadása észlelhető a IV. pozitív sávrendszer $A^1\Pi$ kezdőállapotán, a $v'=13$-as vibrációs emeleten. (70) Az irodalomban szerepel ugyan ennek az elektronnívónak 14-es és 15-ös emelete is, (100) a pontos vizsgálat azonban kimutatta, hogy ezek az adatok tévedésen alapulnak és az utolsó vibrációs emelet valóban a 13. A IV. pozitív sávrendszer 13→24-es sávjának analizálása, sajnos, csak a $J=16$ rotációs kvantumszámig sikerült, ahol a kezdőállapot valószínüleg perturbálva van. Az utolsó észlelt rotációs term magassága 81620 cm^{-1}; a következő, 14-es vibrációs emelet 82350 cm^{-1} magasságban lenne; e két energiamagasság között, azaz kb. 10·1 Voltnál kell tehát a predisszociációhatárnak lennie.

b) Az ú. n. «3A» ($c \rightarrow a^3\Pi$) sávrendszernek csak egyetlen, $v'=0$-hoz tartozó szériája ismeretes. Ezeknek a sávoknak a meganalizá-

lása mindezideig nem sikerült, sőt még annak a biztos megállapítása sem, hogy milyen átmenetet képeznek. Mindazonáltal sikerült kimutatni (57), hogy a *c* kezdőállapot 11·6 Volt körül predisszociál.

c) Az $a^3\Pi \leftarrow X^1\Sigma$ átmenetet képező CAMERON-sávokat abszorpcióban a $v'=4$ emeletig sikerült megkapni (88). Emisszióban (81), bár a $v'=4$ emelethez tartozó sávok éppen a legerősebbek közül valók, a $v'=5$-öt tartalmazó sávok közül már egyetlen egyet sem sikerült észlelni. A $v=4$-es emelet magassága az alapállapottól számítva 6·83 Volt; ezen a környéken lehetséges tehát a predisszociáció.

d) Az $a'^3\Sigma \rightarrow a^3\Pi$ (ASUNDI)-sávok kezdőállapota kb. 8·2 Volt energiamagasságig és

e) a $d^3\Pi \rightarrow a^3\Pi$ (MERTON—JOHNSON-féle) triplett sávrendszer kezdőállapota kb. 8,9 Volt magasságig ismeretes. Mindkét energiamagasságban predisszociáció feltételezhető.

f) Az $E^1\Sigma$ nívónak csak egyetlen egy vibrációs emelete ismeretes; ez szintén egy 11·6 Volt körüli predisszociáció-határ jelenlétére mutat.

Nevezetes, hogy ez a tíz predisszociáció-jelenség módot nyujt a *CO* molekula disszociációs energiájának teljesen egyértelmű és viszonylag igen pontos megállapítására. Ha ugyanis egymás mellé írjuk egyrészt ezeket a predisszociáció-helyeket, másrészt a szétválasztott szén és oxigén atomok[1] legalsó termjeinek magasságait, illetőleg azok lehetséges kombinációit, a két oszlop energiaértékeinek különbsége állandóan 6,9 Volt körülinek mutatkozik. Ez a mennyiség, mely tehát a legalacsonyabb energiaállapotú *C* és *O* atomokra való bomlás minimális energiaszükségletével azonos, a *CO* disszociációs energiájának fogható fel.

Bármely irányban toljuk is el a két oszlopot egymáshoz képest, azaz akár nagyobb, akár kisebb disszociációs energiát tételezünk is fel 6·9 Voltnál, ez az egyezés azonnal megszűnik. Igen nagy való-

[1] Az 1. táblázatba a legalacsonyabb elektronkonfigurációból származó *C* és *O* atomtermeket vettük fel. Ez a szénnél $1s^2\ 2s^2\ 2p^2$, az oxigénnél $1s^2\ 2s^2\ 2p^4$. Mindegyikből ^3P, ^1D és ^1S term származik. Az egyetlen term, mely magasabb elektronkonfigurációhoz tartozik, a szén $1s^2\ 2s^1\ 2p^3$, ^5S termje.

1. táblázat.

A predisszociációt szenvedő molekulaterm	A predisszociáció energiamagassága	Atomtermkombináció		Energia	Energiakülönbség
		C	*O*		
$a^3\Pi$	$> 6{\cdot}83$	^3P	^3P	0	$> 6{\cdot}83$
$a'^3\Sigma^+$	$\sim 8{\cdot}2$	^1D	^3P	1·25	$\sim 6{\cdot}95$
$d^3\Pi$	$\sim 8{\cdot}9$	^3P	^1D	1·95	$\sim 6{\cdot}95$
$A^1\Pi$	9·57	^1S	^3P	2·67	6·90
$A^1\Pi$	$> 10{\cdot}04$	^1D	^1D	3·20	$> 6{\cdot}84$
$B^1\Sigma$	11·06	^3P	^1S	4·16	6·90
$b^3\Sigma$	$\sim 11{\cdot}10$	^5S	^3P	$4{\cdot}20 \sim 4{\cdot}32$	$6{\cdot}78 \sim 6{\cdot}90$
$C^1\Sigma$	$< 11{\cdot}54$	^1S	^1D	4·62	$< 6{\cdot}92$
c	$\sim 11{\cdot}6$	^1S	^1D	4·62	$\sim 6{\cdot}98$
$E^1\Sigma$	$\sim 11{\cdot}6$	^1S	^1D	4·62	$\sim 6{\cdot}98$
—	—	^1D	^1S	5·41	—
—	—	^1S	^1S	6·83	—

színűséggel állíthatjuk tehát, hogy a *CO* disszociációs energiája 6·9 Volt körül van. Meg kell azonban vizsgálnunk, hogy a különféle atomtermek kombinációiból előálló molekulatermek tényleg előidézhetik-e a megfelelő helyeken az észlelt predisszociációkat.

WIGNER és WITMER csoportelméleti módszerrel vizsgálták azt a kérdést, hogy két atomterm egyesítéséből milyen molekulatermek keletkezhetnek. A *C* és *O* számbajövő legalacsonyabb termjeinek kombinációi a 2. táblázatban foglaltatnak.

1. A $C(^3P)$—$O(^3P)$ termkombináció az $a^3\Pi$-n okozhat predisszociációt, mert a belőle származó molekulatermek között van $^3\Pi$.

2. Ugyanígy a $C(^1D)$—$O(^3P)$ is okozhat predisszociációt az $a'^3\Sigma^+$-on, valamint

3. a $C(^3P)$—$O(^1D)$ a $d^3\Pi$-n.

4. Az $A^1\Pi$-n a $C(^1S)$—$O(^3P)$-nek kell okozni az 1*c)* és a 2*a)* alatti predisszociációkat. Mivel ezekből az atomtermekből csak triplett molekulatermek állhatnak elő, interkombinációs sugárzásnélküli átmenettel van dolgunk. Az interkombináció a KRONIG-féle kiválasztási elvekbe ütközik ugyan, de nehezebb molekulák-

2. táblázat.

Atomtermkombináció	Molekulaterm	
	Multiplicitás	Termfajta
$^3P+^3P$	szingulett, triplett, kvintett	Δ, Π, Σ^+; Π, Σ^-; Σ^+
$^3P+^1D$	triplett	Φ, Δ, Π, Σ^-; Δ, Π, Σ^+; Π, Σ^-
$^3P+^1S$	triplett	Π, Σ^-
$^1D+^1D$	szingulett	Γ, Φ, Δ, Π, Σ^+; Φ, Δ, Π, Σ^-; Δ, Π, Σ^+; Π, Σ^-; Σ^+
$^1D+^1S$	szingulett	Δ, Π, Σ^+
$^1S+^1S$	szingulett	Σ^+
$^1P+^3P$	triplett	Δ, Π, Σ^+; Π, Σ^-; Σ^+
$^1P+^1D$	szingulett	Φ, Δ, Π, Σ^-; Δ, Π, Σ^+; Π, Σ^-
$^1P+^1S$	szingulett	Π, Σ^-
$^5S+^3P$	triplett, kvintett, szeptett	Π, Σ^+
$^5S+^1D$	kvintett	Δ, Π, Σ^-
$^5S+^1S$	kvintett	Σ^-

nál erre van példa (pl. a P_2 molekula esetében) (102). Az interkombinációs átmenet mindenesetre arra mutat, hogy a predisszociációt okozó multiplett termek — legalább is a konvergenciahatár közelében — igen közel vannak a HUND-féle *c)* esethez. Ilyenkor a szeparált atomtermeknél a J, a molekulatermeknél pedig az Ω kvantumszám bír a legnagyobb fontossággal, mert ezekre nézve érvényesek szigorúan a kiválasztási elvek. A $C(^1S)$—$O(^3P)$ atomtermkombinációból előálló molekulatermek keletkezését így lehet értelmezni:

3. táblázat.

Atomtermek			Molekulatermek				
O	C	J_1+J_2	*c)* eset		*a)* és *b)* eset		
$^3P_2$	$^1S_0$	2	2	1	0^+	$\rightarrow$	$^3\Sigma^-$
$^3P_1$	$^1S_0$	1		1	0^-	$\rightarrow$	$^3\Pi$
$^3P_0$	$^1S_0$	0			0^+		

A *c)* esetben annyi különálló molekulatermet kapunk, ahány féleképen a (J_1+J_2) vektorok az atommagokat összekötő tengelyhez képest elhelyezkedhetnek úgy, hogy vetületük egész szám legyen. A magok közeledésével a molekula a *c)* esetből a *b)* vagy *a)* esetbe megy át. Ω kvantumszám mindinkább elveszti jelentőségét és a Λ és Σ kvantumszámok lépnek a helyébe. A 6 termből összesen kettő lesz: egy $^3\Sigma^-$ és egy $^3\Pi$ (104). Mivel a CO-nál a $^3\Sigma$ termek spinfelbomlása általában elhanyagolhatóan kicsiny, az oxigén-triplett felbontása pedig igen nagy, feltehető, hogy a $^3\Sigma^-$ molekulaterm minden komponense az $O(^3P)$-nek ugyanabba a komponensébe fog disszociálni, ez pedig a fenti hozzárendeléshez vezet.

Az 1*c)* alatti predisszociációnál, mint láttuk, az effektus a Λ-típusú dublettnek csak az egyik komponensén mutatkozik, ezt a predisszociációt tehát csak a Σ-term okozhatja, vagyis az $O(^3P)$ termnek $^3P_2$ komponense rendelendő a predisszociáció-határhoz. A 2*a)* alatti predisszociációnál viszont mindkét dublettkomponens gyengült, úgyhogy ezt az effektust a $^3\Pi$ term, még pedig annak $^3\Pi_1$ komponense okozhatja, mert annak az Ω-ja akkora, mint az $A^1\Pi$-é. Ez a predisszociáció-határ tehát a középső, $^3P_1$ komponenshez rendelendő.

5. Az $A^1\Pi$-n 10·1 Volt körül a $C(^1D)$—$O(^1D)$ atomtermkombináció okoz predisszociációt. Ebből négy $^1\Pi$ term is keletkezhet, amelyek közül bármelyik előidézheti az effektust.

6. A $B^1\Sigma$-n a $C(^3P)$—$O(^1S)$ okozza a predisszociációt. Ha feltesszük, hogy a $^1\Sigma^+$-on annak a O^+-nak kell okozni az effektust, melyből a magok közelítésekor Σ molekulaterm lesz, akkor a hozzárendelés itt is a $^3P_2$ termhez történik.

7. A $b^3\Sigma$ termen a predisszociáció a $B^1\Sigma$-n talált predisszociáció közvetlen közelében található. Kézenfekvő az a feltevés, hogy a két predisszociáció közös okra vezethető vissza. Az a körülmény, hogy a predisszociáció a $b^3\Sigma$ termen az intenzitást annyira lecsökkenti, hogy a határon felül levő sávvonalak, illetőleg termek teljesen eltűnnek, továbbá a predisszociációt megelőző igen nagy perturbációk (l. fent) azonban arra mutatnak, hogy a perturbációt, illetve predisszociációt előidéző term ugyanolyan, mint maga a $b^3\Sigma$. A $^3P+^1S$ atomtermkombinációból csak $^3\Pi$ és

$^3\Sigma^-$ molekulaterm származhat, $^3\Sigma^+$ nem. Viszont körülbelül ebben a magasságban kell lennie a $C(^5S)-O(^3P)$ kombinációnak, amelyből már származhat $^3\Sigma^+$ term. A szén ^5S termjét nem észlelték ugyan, de pl. BACHER és GOUDSMIT (105) számításai szerint 4·32 Volt körül kell lennie a szén alapállapota felett. A $b^3\Sigma^+$ nívón észlelt predisszociáció-jelenségekből számítva a szén ^5S termjének energiája 4·19±0·03 Volt, ami — tekintve a számítások hibahatárait — igen jó egyezésben van a fentemlített, BACHER és GOUDSMIT által számított 4·32 Volttal, valamint az EDLÉN (106) által a nitrogén és oxigén atomtermek alapján a szén esetére extrapolált 4·2 Volttal is.

8. A $C^1\Sigma$ termen észlelt predisszociációt a $C(^1S)-O(^1D)$ atomtermkombináció okozza, melyből többek között $^1\Sigma^+$ term is származhat.

9. A c termen szintén ez a $C(^1S)-O(^1D)$ kombinációból származó $^1\Sigma^+$-term okozhatja a predisszociációt. Ha, mint általában felteszik, a c term triplett, akkor itt is interkombinációs sugárzásnélküli átmenettel van dolgunk.

10. Végül az $E^1\Sigma^+$ nívón szintén a 8. és 9. alatt említett $^1\Sigma^+$ molekulaterm okozhatja a predisszociációt.

Elfogadva tehát a 6·9 Volt körüli értéket a CO molekula disszociációs energiája gyanánt, a kilenc predisszociáció-határ egyikénél sem jutottunk ellentmondásra.[1]

---

[1] BIRGE és SPONER (107) módszerével, a vibrációs termek lineáris extrapolációja útján, mintegy 11·2 Volt adódik disszociációs energia gyanánt. A BIRGE—SPONER-módszerrel számított disszociációs energiák azonban rendesen nagyobbak a valódinál. RYDBERG (108) eljárása szerint 8·28 Voltnál van az alapállapot konvergencia-helye. A szeparált atomtermek energiáit tekintve, $^1\Sigma$ molekulatermhez a legalacsonyabb atomtermkombinációk közül csak a 6·89 Voltnál lévő $^3P+^3P$, vagy pedig a 10·09 Voltnál lévő $^1D+^1D$ atomtermkombináció rendelhető. A vibrációs termek extrapolációja inkább a magasabb érték mellett szólna. Ugyanis az alapállapot legmagasabb ismert vibrációs termje, a $v=24$-hez tartozó, már maga is 5·47 Volt energiájú, a vibrációs energiakvantumok pedig itt még mindig 0·19 Volt nagyságúak. Ekkor azonban fel kellene tételeznünk, hogy egy alapállapotú szén- és egy alapállapotú oxigénatom egyáltalán nem alkot stabil molekulatermet, hanem a belőlük származó 18 term mind repulzív. A CO-hoz nagyon hasonló N_2 molekulánál, ahol

A disszociáció-energia meghatározására, mint legkisebb hibahatárokkal rendelkező két predisszociációhelyet, az $A^1\Pi$ és $B^1\Sigma$ nívókon talált predisszociációkat használjuk fel; az elsőhöz a $C(^1S)$—$O(^3P_2)$, a másodikhoz pedig a $C(^3P_2)$—$O(^1S)$ atomtermkombinációt rendeljük hozzá. Ilymódon nyerjük a disszociációs energiára:[1]

$$D_{co} = 55820 \pm 15 \text{ cm}^{-1} = 6{\cdot}891 \pm 0{\cdot}002 \text{ Volt.}$$

Az alapállapot után a legalacsonyabb szingulett term az $I^1\Sigma^-$, mely az $A^1\Pi$-n perturbációkat okoz. Ennek disszociációs termékei $C(^1D)+O(^1D)$, mert csak ezekből származhat $^1\Sigma^-$ term.

Az $A^1\Pi$ termre nézve, mint disszociációs termek, a $C(^1S)$—$O(^1D)$, vagy $C(^1D)$—$O(^1S)$ jöhet tekintetbe. A RYDBERG szerint számított disszociációs energia, mely gerjesztett termek esetén jó közelítést szokott adni, az előbbit teszi valószínűvé. Ebben az esetben a disszociációs energia 3·52 Volt.

A $B^1\Sigma$ és $C^1\Sigma$ termek közül csak az egyik tartozhat a 2. táblázatban feltüntetett atomtermkombinációk egyikéhez, még pedig

---

a számszerű adatok is csaknem ugyanazok, HYLLERAAS (109) kísérelte meg olyan potenciálfüggvény, ill. potenciálgörbe szerkesztését, mely kielégíti a vibrációs termek mérési adatait és disszociációs energiája is megegyezik a spektroszkópiai adatokból (predisszociációk) nyert disszociációs energiával. Ennek a potenciálfüggvénynek a felállítása sikerült is HYLLERAASnak, fel kellett azonban tételeznie, hogy az N_2 molekula $X^1\Sigma$ alapállapota különféle vibrációs termjeinek rotációs állandóit olyan formula állítja elő, melyben a $(v+{}^1/_2)$-ben négyzetes tag együtthatója negatív és 10^{-4} nagyságrendű. A nitrogénnél ezt nem lehet ellenőrizni, mert az alapállapoton nem ismeretes a B (v) függvény. A CO molekula alapállapotán viszont $v=24$-ig ismeretesek a rotációs állandók (80). A SCHMID és GERŐ által öt számjegynyi pontossággal meghatározott B (v) függvény azonban semmi észrevehető eltérést nem mutat a lineáristól; $(v+{}^1/_2)$-ben négyzetes tagjának együtthatója legfeljebb 10^{-6} nagyságrendű lehet. A HYLLERAAS-féle potenciálfüggvény pedig még a 10 Volt körüli — azaz a feltételezhető legnagyobb — disszociációs energia esetén sem ad 10^{-4}-nél kisebb együtthatót. Így a HYLLERAAS-féle potenciálfüggvény használhatósága a CO-hoz hasonló kétatomos molekulák alaptermjeire legalább is kétséges.

[1] Disszociációs energiának a legalacsonyabb molekulaterm, tehát az $X^1\Sigma$, $v=0$, $J=0$-hoz tartozó term és a legalacsonyabb atomtermkombináció, a $C\,(^3P_0)$ — $O\,(^3P_2)$ közötti energiakülönbséget nevezzük.

a $C(^1S)$—$O(^1S)$-hez, mert ebből éppen egy $^1\Sigma^+$ term keletkezik. A másik a valamivel magasabban fekvő $C(^3P')$—$O(^3P)$-be disszociálhat, ahol a $^3P'$ a szénatom $1s^22s^22p3s$ elektronkonfigurációjához tartozik. Mivel az egyforma termek rendszerint nem keresztezik egymást, feltehető, hogy az alacsonyabban fekvő $B^1\Sigma$ tartozik a $C(^1S)$—$O(^1S)$-hez. A $B^1\Sigma$ disszociációs energiája e szerint 3·00 Volt, a $C^1\Sigma$-é pedig 2·98 Volt, ami teljesen összhangban van azzal is, hogy rotációs állandóik is csaknem azonosak.

A két $^3\Pi$ term, az $a^3\Pi$ és $d^3\Pi$ disszociációs termékeit illetőleg ezek triplettfelbontása szolgál felvilágosítással. Az $a^3\Pi$ reguláris triplett term, kb. 70 cm^{-1} triplettfelbontással. Az ú. n. Merton—Johnson-féle triplettsávok, melyek $d^3\Pi \rightarrow a^3\Pi$ átmenetet képeznek, kb. 180∼200 cm^{-1} triplettfelbontást mutatnak, azaz a $d^3\Pi$ term vagy kb. 250 cm^{-1} felbontású reguláris, vagy kb. 120 cm^{-1} felbontású invert term. A szén alapállapota reguláris, kb. 40 cm^{-1} felbontású triplett, valószínű tehát, hogy az $a^3\Pi$ term ebbe, illetőleg a $C(^3P)$—$O(^1S)$ kombinációba disszociál; disszociációs energiája ebben az esetben 5·06 Volt. Ugyanebből az atomtermkombinációból még egy $^3\Sigma^-$ term is származik, mely minden valószínűség szerint azonos azzal az $e^3\Sigma^-$ nívóval, mely az $A^1\Pi$-n okoz perturbációkat. Disszociációs energiája ekkor 4·22 Volt.

A $d^3\Pi$ term az oxigén ^3P alaptermjébe disszociálhat, mely kb. 160 cm^{-1} felbontású invert term. A $C(^1S)$—$O(^3P)$ kombináció nem jöhet tekintetbe, mert nagyon alacsony disszociációs energiát adna; marad, mint egyetlen lehetőség, a $C(^5S)$—$O(^3P)$-be való disszociáció, 3·17 Volt disszociációs energiával. Mint fent kimutattuk, ugyanezek az $a'^3\Sigma^+$ term disszociációs termékei is. Szigorúan véve tehát a szénoxid-molekulatermek közül csak a $d^3\Pi$ és az $a'^3\Sigma^+$ tartoznának a négyvegyértékű szénhez, a többi mind kétvegyértékű szénből épül fel. Így tehát, ha pl. szerves vegyületekből CO-gyökök válnak le, fel kell tennünk, hogy azok a $d^3\Pi$ vagy $a'^3\Sigma^+$ elektronállapotok egyikében vannak.

II. A disszociációs határgörbéről.

Amidőn Büttenbender és Herzberg (112) először tüntették fel grafikusan a predisszociáció bekövetkezését a nitrogén molekula

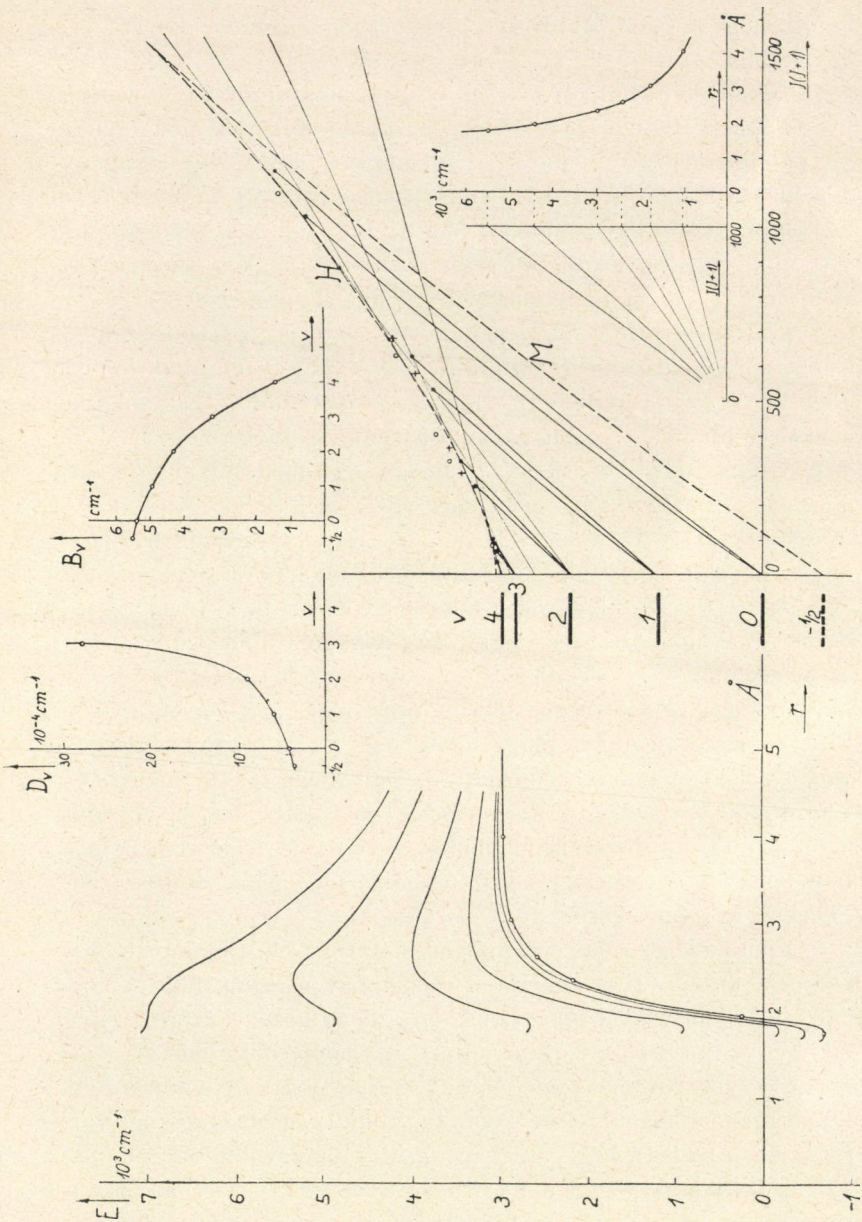
$C^3\Pi$ nívójának különböző vibrációs és rotációs emeletein, még csupán «egy síma görbéről» beszéltek, amelyet az energia $\sim J(J+1)$ koordinátarendszerben be lehet húzni a legutolsó, még normális intenzitású átmenetet (sávvonalat) eredményező, illetőleg a legelső, már csak lecsökkent intenzitású színképvonalat létrehozó rotációs termeket reprezentáló pontok köré. Mivel a predisszociáció magasabb vibrációs emeleteken alacsonyabb rotációs kvantumszámnál és alacsonyabb energiaértéknél mutatkozott, egy $J(J+1)$ csökkenésével monoton csökkenő görbét nyertek, amelyet azután a zero-rotáció felé extrapoláltak és az extrapolált ordináta-értéket egyenlőnek vették a disszociáció eredményekép mutatkozó nitrogén atomterm-kombináció energiamagasságával. — Viszont SCHMID és GERŐ-, (56) majd SCHMID (57)-nél a szénoxidon tapasztalt predisszociációkra vonatkozó hasonló görbék már egyre kifejezettebben a «predisszociáció határgörbéjének» szerepét kapják. Szerzők feltételezik, hogy ha bármilyen más *CO* term emeletei feljutnak a határgörbénél magasabb energiaállapotba, úgy azoknál a rotációs kvantumszámoknál, amelyeknél a szóbanforgó nívó különböző vibrációs emeletein felépülő rotációs termsorozatok metszik a határgörbét, szintén be fog következni predisszociáció, ha csak valamilyen egyéb ok (kiválasztási elv) ennek a lehetőségét ki nem zárja. SCHMID és GERŐ e feltevés alapján megbecsülték pl. azt a rotációs kvantumszámot, amelynél az ú. n. «5*B*» *CO* sávok kezdőállapotain a predisszociációnak be kellene következni. A későbbi rotációs analízis (79) mindenben igazolta a becsült értéket. Teljesen új megvilágításba helyezte azonban a predisszociáció határgörbéjét az a fentebbiekben részletesen kifejlett tapasztalat, amely szerint a *CO* molekula 11·06 Volt körüli energiaállapotánál — elsősorban a $b^3\Sigma$ nívó $v=0$, 1 és 2 emeletein — észlelt predisszociációhatár azonos az $a'^3\Sigma$ nívó saját disszociációs határával. Hogy pedig a határ magassága függ a rotációs kvantumszámtól, az azt bizonyítja, hogy az $a'^3\Sigma$ nívón a disszociáció bekövetkezésének bizonyos kritikus rotációs állapot jelenléte a feltétele, vagy más szavakkal kifejezve, az $a'^3\Sigma$ nívó különböző vibrációs és rotációs emeleteinek rendszerében vannak bizonyos — éppen a határgörbével való metszés által meghatározott — olyan állapotok, amelyek energiáinál nagyobb rotációs energia esetén a disszociáció fellép. Fel kell tehát ten-

nünk, hogy a CO $a'^3\Sigma$ nívón a disszociáció a rotáció következtében áll be.

Tekintettel azonban már most arra, hogy a rotáció következtében fellépő disszociáció esetére a sávos színképek irodalmában jól tanulmányozott példa áll rendelkezésre, még pedig a higanyhidrid (HgH) alap $^2\Sigma$ nívójára vonatkozólag (itt csak LUDLOFF (113) és OLDENBERG (114) munkáit említjük), meg kell vizsgálnunk, vajjon a HgH molekula rotáció okozta disszociációjához is rendelhetünk-e egy, a fentebbiekben körülírt határgörbét.

Az 1. ábra a HgH $^2\Sigma$ alapállapotán a $v=0$, 1, 2, 3 és 4 vibrációs emeletekre épült rotációs termsorozatokat tünteti fel, mint $J(J+1)$ függvényét. A termértékek HULTHÉN (115) (116) dolgozatából származnak, ahol a 8. táblázatban használt m sorszámot $J+{}^1/_2$-lel helyettesítettük az F_1 és az F_2 termek esetében. Az utolsó, még meglévő — azaz disszociációt még nem szenvedett — termekről KAPUSCINSKI és EYMERS (117) dolgozatából nyerhetünk felvilágosítást. E szerzők normális intenzitású (az ábrán •-el jelölve), megszélesedett (+) és bizonyosan hiányzó vonalakat eredményező (o) termeket különböztetnek meg. Mint az ábra mutatja, valóban be lehet húzni egy olyan sima, monoton görbét, mely az összes normális intenzitású termet jelölő pontot maga alatt, a bizonyosan hiányzókat pedig mind maga fölött hagyja. Az analógia tehát a predisszociáció határgörbéjével teljesen kielégítőnek mondható. Igazoltnak véve ezzel a disszociációs határgörbe létjogosultságát a rotáció okozta disszociáció tipikus esetére, meg kell vizsgálnunk, hogy milyen következtetéseket vonhatunk le belőle a disszociáló molekula potenciálgörbéjére vonatkozólag.

Tekintsük e célból valamilyen kétatomos molekula effektiv potenciálgörbéit. Mint ismeretes, ezeket úgy nyerjük, hogy a csak potenciális energiával bíró molekulára vonatkozó $V(r)$ függvényt, (ahol r a magok távolsága és V a potenciális energia), az $F[r, J(J+1)]$ rotációs energiafüggvénnyel összevonva ábrázoljuk az energia $\sim$ magtávolság koordinátarendszerben. Maga a $V(r)$ függvény a mellett, hogy az r_e egyensúlyi magtávolságnál minimumot mutat, csak végtelen nagy magtávolságnál éri el maximális értékét. Az egyes $J(J+1)$ különböző értékeihez tartozó effektív potenciálgörbék minimuma r_e-nél valamivel nagyobb magtávolság



1. ábra.

felé tolódik el és ezek a görbék már véges magtávolságnál mutatnak maximumot. OLDENBERG szerint már most, ha növekvő rotációs energiájú állapotokat veszünk tekintetbe, úgy az effektív görbék minimumai és maximumai mind közelebb kerülnek egymáshoz. Sőt, ha egy bizonyos maximális rotációs energiára vonatkozó effektív potenciálgörbét, ahol a minimum és maximum egy vízszintes inflexiót mutató pontban egyesültek, túllépünk, már minimum nem is mutatkozik, azaz a molekula mechanikailag instabilissé válik. Ennek következtében a «rotáció okozta disszociáció» minden vibrációs energia feltételezése nélkül bekövetkezhet. Rezgési energia felhasználásával a disszociáció már a kritikusnál alacsonyabb rotációs energiánál is bekövetkezhet.

Tekintve, hogy az effektív potenciálgörbék maximumai annál magasabb energiaértéknél feküsznek, minél magasabb a rotációs kvantumszám, ha a maximumokhoz tartozó energiát, mint $J(J+1)$ függvényét ábrázoljuk, monoton emelkedő görbét kell kapnunk. Másrészről feltehető, hogy a maximumnál nagyobb energiával rendelkező molekula disszociálhat és így indokoltnak mutatkozik az a következtetés is, hogy a maximális energiát mint $J(J+1)$ függvényét ábrázoló görbe tulajdonképpen azonos kell hogy legyen a fentiekben bevezetett disszociációs határgörbével. Teljes egyezésben van ez a feltevés azzal a már általánosan elfogadott felfogással, hogy a $V(r)$ — azaz a zérus rotációhoz tartozó effektív potenciálgörbe — maximális értékét a molekula disszociációs energiájával egyenlőnek vesszük.

Az effektív potenciálgörbék minimumainak megfelelő energiaértékek szintén növekednek a rotációs kvantumszámmal. Legalacsonyabban a $V(r)$ görbe minimuma fekszik, legmagasabban pedig a vízszintes inflexiót mutató effektív potenciálgörbéé. Ez utóbbi természetesen egybeesik a legmagasabban fekvő maximum értékével is és így, ha a minimumok értékét az energia $\sim J(J+1)$ koordinátarendszerben feltüntető, monoton emelkedő görbét felrajzoljuk, úgy annak legmagasabb, még fizikai értelemmel bíró pontja egybeolvad a disszociációs határgörbe legmagasabban fekvő, még értelmezhető pontjával. Mivel minden egyes effektiv potenciálgörbén a minimum helye a rezgésmentes állapotnak felel meg, kézenfekvőnek látszik az a feltevés, hogy a minimumgörbe egyes

pontjait, melyek tehát meghatározott $J(J+1)$ értékekhez tartoznak, a különféle vibrációs állapotokhoz, de ugyanazon $J(J+1)$-hez tartozó energiaértékekből a vibráció nélküli állapotra való extrapolálással nyerhetjük. Tekintve, hogy a szokásos terminológia szerint a $v=0$ vibrációs kvantumszámhoz nem a «zérus vibráció állapot» energiája, hanem a legalacsonyabb tényleges vibrációs energia tartozik, a valóban vibrációnélküli állapotot a szokásos formulákból a $v=-\frac{1}{2}$-re való extrapoláció útján kapjuk. Azaz pl. a $Hg H\ ^2\Sigma$ alaptermjére vonatkozólag a zérus rotációs kvantumszámmal és $v=0, 1, 2, 3$ és 4 vibrációs kvantumszámmal jellemzett energiaértékekből, melyeket rendszerint az $\omega_e(v+\frac{1}{2}) - x_e\omega_e(v+\frac{1}{2})^2 \ldots$ formulával közelítünk meg, a minimumgörbe $J(J+1) = 0$-hoz tartozó pontját a $v=0$-hoz tartozó — és az 1. ábrán origónak választott — pont alatt $-\left(\frac{\omega_e}{2} - \frac{x_e\omega_e}{4}\right)$ cm^{-1} távolságra találjuk. A minimumgörbe többi, általában $J(J+1)$-hez tartozó pontja ezen legkisebb érték felett a $B_vJ(J+1) - D_e J^2(J+1)^2 \ldots$ távolságban lesz, ahol B_e és D_e az egyes vibrációs emeletekre megállapított B_v és D_v rotációs állandókból a szokás szerinti formulákkal extrapolálhatók:

$$B_v = B_e - \alpha_1(v+\tfrac{1}{2}) - \alpha_2(v+\tfrac{1}{2})^2 \ldots \text{ ill.}$$
$$D_v = D_e + \beta_1(v+\tfrac{1}{2}) + \beta_2(v+\tfrac{1}{2})^2 \ldots$$

HULTHÉN adatai alapján $B_e=5{,}52$ cm^{-1}, $D_e=3{,}6 \cdot 10^{-4}$ cm^{-1}-nek, a $v=0$ állapot és a valóban zérus rotációjú, zérus vibrációjú állapot közötti energiakülönbség pedig kb. 700 cm^{-1}-nek adódott. (B_e és D_e extrapolációját az 1. ábrán feltüntetett kis grafikonok mutatják.)

Fontos összefüggésre bukkanunk, ha azt vizsgáljuk, hogy hogyan változik a H határgörbe, illetve az M minimumgörbe $J(J+1)$ szerinti deriváltja, azaz a görbék érintőinek iránytangense, amint a görbék mentén végighaladunk. Tekintsük e célból az effektív potenciálgörbét, valamint a H és M görbék analitikus összefüggését.

Az effektív potenciálgörbék formulája az energia $\sim$ magtávolság koordinátarendszerben általában $V(r) + F[r, J(J+1)]$, ahol

$J\,(J+1)$ egy-egy effektív potenciálgörbére állandó. A maximumok és minimumok helyére vonatkozólag érvényes továbbá a

$$\frac{dV(r)}{dr} + \frac{\partial F\,[r,J(J+1)]}{\partial r} = 0 \qquad (1)$$

egyenlőség, amelyet a szélső értékhez tartozó és $J\,(J+1)$-től függő r_J magtávolság kielégít.

A H vagy M görbék pontjait tehát a

$$\begin{aligned} H &= V(r_J)+F\,[r_J,\, J(J+1)] \\ \text{és} \qquad M &= V(r_J)+F\,[r_J,\, J(J+1)] \end{aligned} \qquad (2)$$

formulák adják meg. Nem szabad természetesen szem elől téveszteniink, hogy a H, illetőleg M görbe egy-egy $J\,(J+1)$-hez tartozó pontjához más-más r_J tartozik, hiszen a minimum és maximum csak a legmagasabb, vízszintes inflexiójú effektív potenciálgörbén esik össze.

Ha (2)-t r_J szerint deriváljuk — a rövidség okából ezt csak H-ra végezzük el, M-re ugyanaz áll — és tekintetbe vesszük, hogy

$$\frac{dH}{dr_J} = \frac{\partial H}{\partial\,[J(J+1)]} \cdot \frac{d\,[J\,(J+1)]}{dr_J}, \qquad (3)$$

úgy a következő összefüggést nyerjük:

$$\begin{aligned} \frac{\partial H}{\partial\,[J(J+1)]} \cdot \frac{d\,[J(J+1)}{dr_J} = \frac{dV(r_J)}{dr_J} + \frac{\partial F\,[r_J,\, J(J+1)]}{\partial r_J} + \\ + \frac{\partial F\,[r_J,\, J(J+1)]}{\partial\,[J(J+1)]} \cdot \frac{d\,[J(J+1)]}{dr_J} \end{aligned} \qquad (4)$$

Mivel azonban $\dfrac{dV(r_J)}{dr_J} + \dfrac{\partial F\,[r_J,\, J(J+1)]}{\partial r_J}$ az effektív potenciálgörbét szélső értékeinél, — azaz éppen összetartozó r_J és $J\,(J+1)$ mellett — (1) alapján zérussal egyenlő, következik, hogy

$$\begin{aligned} \frac{\partial H}{\partial\,[J(J+1)]} &= \frac{\partial F\,[r_J,\, J(J+1)]}{\partial\,[J(J+1)]}\,. \\ \text{Ugyanígy} \qquad \frac{\partial M}{\partial\,[J(J+1)]} &= \frac{\partial F\,[r_J,\, J(J+1)]}{\partial\,[J(J+1)]}\,. \end{aligned} \qquad (5)$$

Tehát a legmagasabb, vízszintes inflexiójú effektív potenciálgörbéhez tartozó $J(J+1)$ értéknél a H és M görbéknek nemcsak közös pontja, hanem közös érintője is van.

Mivel a rotációs energiát általában az

$$F[r, J(J+1)] = \frac{h^2}{8\pi^2\mu}\frac{1}{r^2}J(J+1) \qquad (6)$$

formula állítja elő, ha még hc-vel osztunk, hogy a rotációs energiát is cm^{-1} egységekben kapjuk, akkor arra jutunk, hogy a H, illetve M görbék érintőinek iránytangensei közvetlenül $\frac{h}{8\pi^2\mu c}\cdot\frac{1}{r_J^2}$-et adják.

A higanyhidrid alap $^2\Sigma$ termjére vonatkozólag tehát — ahol a kísérleti adatok alapján, egyrészt a minimumgörbét extrapolációból, másrészt a H görbét a megfigyelésekből teljesen empirikus úton megrajzoltuk — módunkban áll az effektív potenciálgörbék minimumait és maximumait az energia ~ magtávolság koordinátarendszerben felvinni a nélkül, hogy a $V(r)$ függvény alakjáról bármiféle feltevést is tettünk volna. Sőt, ha valamilyen r értéknél csak egyetlen effektív potenciálgörbepont is ismeretes, annál az r-nél az összes többiek egy-egy pontját megkaphatjuk, ha a meglévő ordinátát az illetékes rotációs energiakülönbséggel:

$$\frac{h}{8\pi^2\mu c}\frac{1}{r^2}[J_1(J_1+1)-J_2(J_2+1)]$$

korrigáljuk. Ha pedig a J rotációs kvantumszámhoz tartozó effektív potenciálgörbe r-hez tartozó ordinátájából magát a

$$\frac{h}{8\pi^2\mu c}\frac{1}{r^2}J(J+1)$$

értéket vonjuk le, úgy a $V(r)$ görbe r-hez tartozó pontját nyerjük. Ez utóbbit közvetlenül az érintőkből is megkaphatjuk: a $J(J+1)$ abszcisszájú pontban szerkesztett érintő, — amelynek

$$\frac{h}{8\pi^2 c\mu}\frac{1}{r^2}J(J+1)$$

az iránytangense, — az ordinátatengelyt éppen a $V(r)$ magasságban metszi. Ez az ordinátaszelet ugyanis — pl. a H görbe esetében —

$$H - \frac{\partial H}{\partial [J(J+1)]} J(J+1)$$

nagyságú. Mivel azonban

$$\frac{\partial H}{\partial [J(J+1)]} \text{ most } \frac{h}{8\pi^2 \mu c} \frac{1}{r^2}\text{-tel},$$

viszont H maga

$$V(r_J)+F[r_J, J(J+1)] = V(r_J) + \frac{h}{8\pi^2\mu c} \frac{1}{r_J^2} (J+1)\text{-gyel}$$

egyenlő, $H - \frac{\partial H}{\partial [J(J+1)]}$ egyszerűen $V(r_J)$-be megy át.

Az 1. ábrán külön mezőben tüntettük fel a különböző iránytangensekhez tartozó magtávolságokat. A számítás alapjául a $J(J+1)=1000$ abszcisszaértéknél emelt merőlegesen az origóból húzott, az érintőkkel párhuzamos egyenesek által lemetszett darabok szolgáltak. r_J-t az

$$r_J = \sqrt{\frac{27{,}7 . 10^{-40}}{1{,}654 . 10^{-24}} \cdot \frac{1}{\text{iránytangens}}} \qquad (7)$$

képlet alapján számítottuk.[1]

Az 1. ábra baloldala mutatja a HgH molekula alap $^2\Sigma$ nívójának teljesen empirikusan, egyszerű szerkesztés és számítás útján nyert potenciálgörbéit.

Eredményeink tehát röviden abban foglalhatók össze, hogy ha egyrészt a sávok rotációs analiziséből ismeretesek a különböző vibrációs és rotációs termsorozatok, másrészt ismeretesek ezeken az «utolsó» emeletek rotációs kvantumszámai akkor módunkban van megszerkeszteni a V(r) függvényt; az r_e minimumtól addig az r_i magtávolságig amelynél a rotációs disszociáció szempontjából kritikus effektiv potenciálgörbének a vízszintes inflexiójú helye van,

---

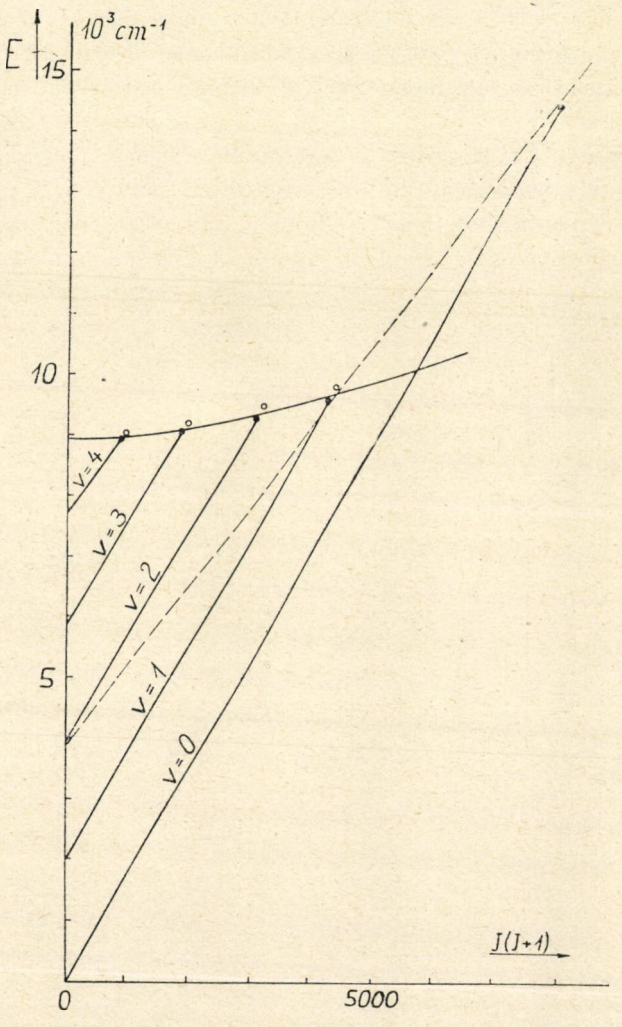
[1] Ugyanis $\frac{h}{8\pi^2 c} = 27{,}7 . 10^{-40}$ cm g, a $Hg\,H$ molekula redukált tömege pedig: $\mu = 1{\cdot}654 . 10^{-24}$ g.

a szerkesztés az M minimumgörbe[1] segítségével, az r_i helytől $r=\infty$-ig pedig a H határgörbéből — a legegyszerűbb geometriai úton — végezhetjük a nélkül, hogy bármiféle feltevéssel is éltünk volna a $V(r)$ függvény alakjára vonatkozólag. Hogy ez az eredmény mily fontossággal bír, annak demonstrálására legyen szabad emlékeztetnünk arra a valóban terjedelmes irodalmi anyagra, amelynek tárgya jóformán nem is volt más, mint «alkalmas» feltevés megválasztása a $V(r)$ függvénynek az r_e abszcisszában emelt merőleges körüli szimmetriáját, helyesebben asszimmetriáját illetően. Jelenti azonban ez az eredmény azt is, hogy valamely sávrendszer vizsgálata nem intézhető el egyszerűen néhány sáv rotációs analizisével. A «utolsó» sávvonalak kikeresése, helyesebben annak kétséget kizáró módon való igazolása, hogy bármilyen erős túlexpozíció mellett sem jelennek meg bizonyos vonalaknál nagyobb rotációs kvantumszámú vonalak, szintén elengedhetetlen fontosságú. Ezen az úton sok esetben könnyebben célhoz juthatunk, mint az eddigi eljárásokkal, hogy t. i. egyre magasabb vibrációs állapotok felé haladva iparkodtunk — sokszor reménytelenül hosszú extrapolációval — megbecsülni a vibrációs emeletek konvergenciahelyét, vagy pedig bizonytalan kimenetelű kalkulációkat végezni a rotációs állandónak a növekvő vibrációs kvantumszámokkal való lecsökkenését, helyesebben legörbülését illetően. — Talán utalhatunk itt éppen a CO $X^1\Sigma$ alapállapotnak sokat vitatott problémájára.

Mint láttuk, a határgörbe, illetve segítségével a tapasztalati potenciálgörbe megszerkesztésének sikere azon múlik, hogy sikerül-e a rotációs termsorozatokat elég magas rotációs kvantumszámokig követni; azokig a kvantumszámokig, melyeknél a saját határgörbéjüket metszik. Sokszor előfordul azonban, hogy a termsorozatok bizonyos energiamagasságban megszakadnak, mielőtt még elérték volna saját disszociációs határgörbéjüket. Ilyenkor beszélünk predisszociációról. Ez akkor következik be, amikor a termsorozatok valamely idegen termnek a határgörbéjét metszik. Példa erre éppen a nitrogén molekula említett $C^3\Pi$ termjén észlelt predisszociáció, amelynél először ábrázolták a termsorozatok megszakadási helyét

[1] A minimumgörbét tulajdonképpen már egynéhány, pl. a (0, 0) (1, 0), (0, 1) sáv analízise alapján is nem túlnagy hibával extrapolálhatjuk.

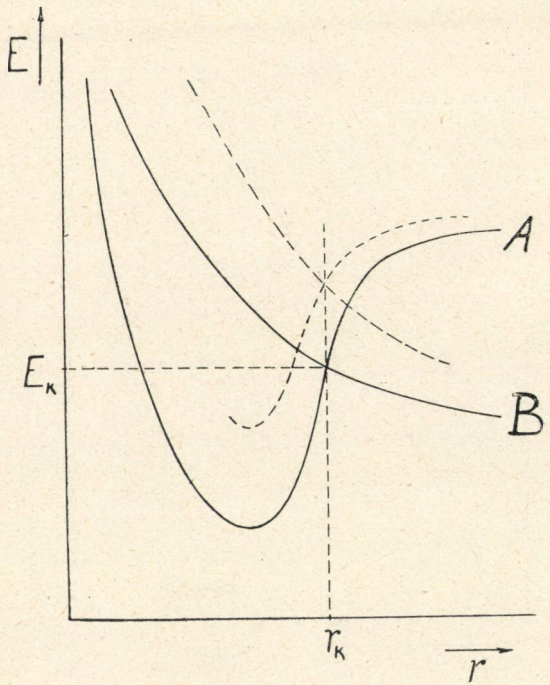
$J(J+1)$ függvényében, tehát először szerkesztettek határgörbét. Itt a határgörbe természetesen nem ahhoz a termhez tartozik, amelyen a termsorozatok megszakadása történik, hanem ahhoz, amelyik a predisszociációt előidézi. Az ilyen határgörbe segítségével tehát megszerkeszthetjük a predisszociációt előidéző term potenciálgörbéjét.



2. ábra.

A 2. ábra a nitrogén molekula $C^3\Pi$ termjén észlelt predisszociáció-helyeket tűnteti fel. A telt körök a még észlelt, az üresek a már nem észlelt termeket jelentik. A számadatok BÜTTENBENDER és HERZBERG (112) idézett művéből valók. A $v=o$-hoz tartozó termsorozatban COSTER, VAN DIJK és LAMERIS (118) nem találtak predisszociációt, holott a $C^3\Pi \rightarrow B^3\Pi$ sávrendszer (0, 0) sávját $J=90$-ig analizálták ; az ábra szerint pedig ez a termsor már kb. $J=75$-nél átlépi a határgörbét. Hogy ezt a látszólagos ellentmondást megmagyarázhassuk, foglalkoznunk kell a potenciálgörbék metszésének kérdésével.

Legyen a 3. ábrán A és B két, egymást metsző potenciálgörbe és legyen A disszociációs határa magasabban, mint B-é. A metszéspontban legyen a közös energia E_K, a magtávolság pedig r_K. Mivel mindkét potenciálfüggvényhez ugyanazt a $\frac{h}{8\pi^2 cu}\frac{1}{r^2}J(J+1)$



3. ábra.

kinetikus energiát kell hozzáadnunk, ha a J-hez tartozó effektív potenciál-görbét akarjuk megszerkeszteni, ezeknek az effektív potenciálgörbéknek a metszéspontjai is mind ugyanannál az r_K magtávolságnál lesznek. Az effektív potenciálgörbék metszéspontjait tehát az $(E, J(J+1))$ koordinátarendszerben olyan egyenes ábrázolja, mely az ordinátatengelyt E_K-nál metszi és iránytangense $\frac{h}{8\pi^2 c\mu}\frac{1}{r_K^2}$. Ha a B potenciálgörbe repulzív, azaz nincsen minimuma, továbbá A és B között — a kiválasztási elvek értelmében — kölcsönhatás lehetséges, akkor az A állapot diszkrét termsorozatain ott következhet be predisszociáció, ahol azok a metszési helyeket ábrázoló «határegyenest» átlépik. Ekkora energia szükséges ugyanis ahhoz, hogy a molekula az egymást metsző effektív potenciálgörbéknek a metszésnél keletkező «potenciálhegyén» átjutva, a repulzív görbén legördülhessen, disszociálhasson.

Az eddig észlelt predisszociációknál a jelenség abban áll, hogy a predisszociációt szenvedő termsorozat termjei bizonyos rotációs kvantumszámtól felfelé szenvednek intenzitáscsökkenést. Ez azt jelenti, hogy — amennyiben határegyenes átmetszése okozza a predisszociációt — az átmetszés alulról történik, vagyis a határegyenes nem olyan meredek, mint maga a termsort ábrázoló vonal. Ezért egyrészt E_K, az átmetszés energiája nagyobb, mint a legmagasabb vibrációs kvantumszámhoz tartozó rezgésállapoté, melynek rotációs termjein a predisszociációt észleltük, másrészt az r_K magtávolság is nagyobb, mint az ehhez a rezgésállapothoz tartozó legnagyobb magtávolság.

Ha a B potenciálgörbének minimuma van, azaz, ha diszkrét energiaállapotok tartoznak hozzá, akkor a határgörbét és határegyenest is bele kell vonni a vizsgálatba. Míg azonban egy — nemrepulzív — potenciálgörbéhez csak egyetlen egy határgörbe tartozik, addig határegyenes annyi, ahány másik potenciálgörbét átmetsz. Az A állapoton előálló predisszociáció szempontjából tehát a B állapot határgörbéje és az A—B átmetszés határegyenese jön tekintetbe.

A predisszociációs határgörbéhez mindig tartozik határegyenes is, mert csak egymást metsző termek között lép fel predisszociáció. A kettő közül mindig a nagyobb energiájút kell tekintetbe vennünk,

mert hiszen akkora kinetikus energiával kell rendelkeznie a molekulának, amely még a magasabb potenciálhegyen is át tudja juttatni. Ha tehát egy termsorozat a határgörbét és határegyenest is metszi, akkor a magasabb metszésnél következik be predisszociáció.

Az N_2 molekula $C^3\Pi$, $v=0$ termsorozatán tapasztalt jelenséget mármost úgy értelmezhetjük, hogy azért nem következhet be $J=75$ körül predisszociáció, mert a határegyenes csak $J=90$-nél magasabban metszi ezt a termsort. A $v=1$-en viszont már lejjebb van a határegyenes metszéspontja, mint a határgörbéé. Ennek alapján a 14. ábrán feltűntettük a határegyenes legszélsőbb lehetséges helyzeteit (a szaggatott vonal és a $v=0$ termsor). A határegyenes lehetséges dőléséből, illetve a hozzájuk tartozó ordinátametszéspontokból a $C^3\Pi$ termen predisszociációt okozó Y term potenciálgörbéjének további pontjai állapíthatók meg.

Az eredmények nagyjában megegyeznek a COSTER és munkatársai által becsültekkel. Azonban a kétféle koordinátarendszerben végzett vizsgálatok összehasonlítása azt mutatja, hogy a határgörbe eljárás alkalmazása sokkal egyszerűbb és áttekinthetőbb, az eredmények pedig sokkal megbízhatóbbak, mint a régi módszerrel nyertek.

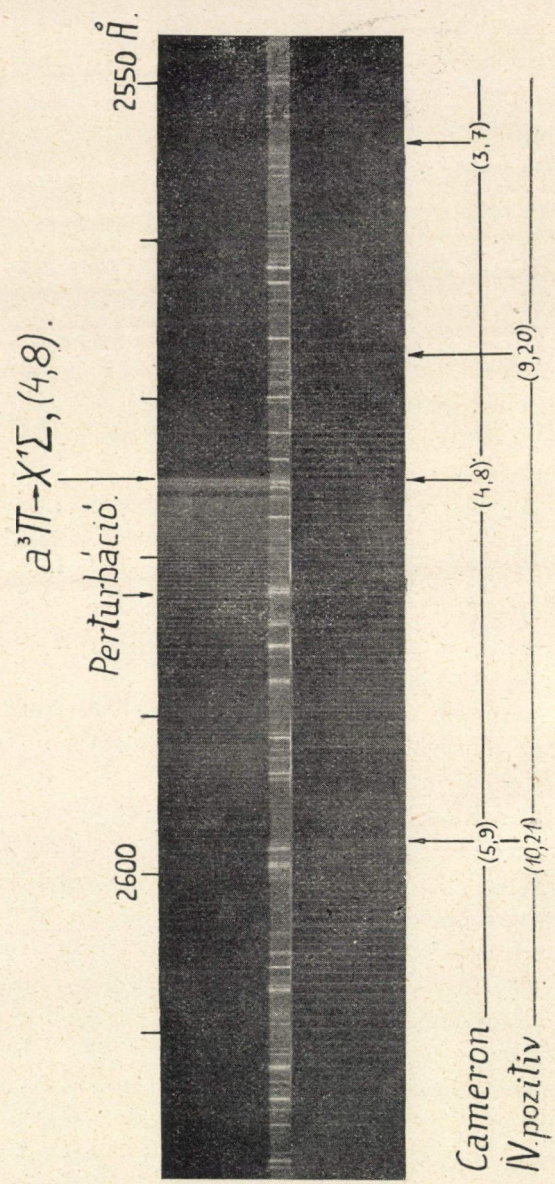
Függelék. A «K»-nívóról. KAPLAN (119) megfigyelései szerint bizonyos, szokatlan kisülési körülmények között a szénoxid színképében a 2575 *A* vidékén egy vörös felé árnyékolt, kinézésében szingulett-sávhoz hasonlító, azonban a IV. pozitív sávrendszerbe semmiképpen bele nem tartozó, egyes esetekben igen erős sáv jelenik meg; valószínűnek mutatkozott továbbá, hogy a sáv gerjesztésében a higany jelenlétének lényegesebb szerepe lehet. Ez a sáv azután, mint «KAPLAN erős sávja», — megkülönböztetésül egy másik, ugyancsak róla elnevezett sávcsoporttól, amelyet azóta a $b^3\Sigma \rightarrow a^3\Pi$ (III. pozitív) rendszer $v'=2$ szériájával azonosítottunk — a $K \rightarrow X^1\Sigma$ feltételezett átmenetként került be a *CO* sávos színképének irodalmába.

Jelen dolgozat I. részében tárgyalt $a^3\Pi—X^1\Sigma$ (CAMERON) sávok abszorpcióban való észlelésével kapcsolatban kísérleteket végeztünk az e rendszerbe tartozó sávoknak emisszióban való megfigyelésére. A kísérletek folyamán bizonyos körülmények között (amelyek a higanynak a kisülésben való jelenlétét megengedték), a

2575 Å táján egy feltűnően erős sáv jelent meg, melynek a KAPLAN-félével való azonosságát illetően ezidőszerint kétség alig foroghat fenn.

A 4. ábra felső képe a 2575 Å-nél megjelenő sávot ötszörös nagyításban ábrázolja. A fényforrásul szolgáló GEISSLER-kisülés szénelektródok között, mintegy 5 higany mm nyomású neongázon haladt keresztül. A higany jelenlétét a sárga és zöld *Hg*-vonalak megjelenése bizonyította. Az alatta levő képet teljesen hasonló kisülésből nyertük, azonban *Hg* jelenléte nélkül. Ámbár mindkét kép, az Intézet nagy rácsának első rendjében, mindössze 1 óra expozíciós idővel készült, az alsó, higanynélküli képen a «KAPLAN-sáv» nem látható, a IV. pozitív rendszer sávjai ellenben jóval erősebbek, mint a felső képen, hol a KAPLAN-sáv a legintenzívebb. — Feltűnő, hogy a CAMERON-rendszer sávjai, melyeknek kiszámított helyét a nyilak mutatják, nem is jelentek meg a felső színképen. CAMERON(81) a következő sávokat észlelte (a zárójelben levő számok a relatív intenzitásokat mutatják): $0\rightarrow2$ (0), $0\rightarrow3$ (2), $0\rightarrow4$ (4), $1\rightarrow3$ (0), $1\rightarrow4$ (7), $1\rightarrow5$ (6), $2\rightarrow5$ (7), $2\rightarrow6$ (4), $3\rightarrow6$ (2), $3\rightarrow7$ (6), $4\rightarrow7$ (6), $4\rightarrow8$ (8). Emissziós sávról lévén szó, az $a^3\Pi$ (4)$\rightarrow X^1\Sigma$ (8) sáv különlegesen nagy intenzitású megjelenését az $a^3\Pi$, $v=4$ kezdőállapotának megfelelő energiatartalommal bíró *CO* molekulák rendkívülien magas koncentrációjával kell magyaráznunk. Azt viszont, hogy az $a^3\Pi$,$v=4$ nívóról miért éppen az $X^1\Sigma$, $v=8$ nívóra történt csak nagy intenzítással az átmenet, a FRANCK—CONDON elv alapján kell értelmeznünk. Ugyanis az $X^1\Sigma$ nívó rotációs állandói annyira nagyobbak az $a^3\Pi$ nívóéinál, hogy a bármilyen közelítő feltevéssel megszerkesztett potenciálgörbék alapján az $a^3\Pi$, $v=4$ emeletről éppen az $X^1\Sigma$, $v=8$ emeletre való átmenet valószínűsége mutatkozik a legnagyobbnak.— Azt a tapasztalatot pedig, hogy az $a^3\Pi$ nívó $v=4$ emeleténél nem észleltek magasabbakat sem emisszióban, sem abszorpcióban, már a (71) alatt idézett dolgozatban a 6·9 Volt energiamagasságban bekövetkező predisszociációval magyaráztuk, tekintve, hogy az $a^3\Pi$, $v=4$ energianívó a szénoxid alapállapota felett mintegy 8,6 Voltnyira (l. a 12. ábrát) fekszik.

KAPLAN szerint a szóbanforgó sáv intenzív fellépése összefüggésben látszik lenni a higany rezonancia-sugárzásának kioltásával. A *Hg* rezonancia-vonal hullámhossza azonban, mint ismeretes,


2550 Å.
2600
Perturbáció.
a³Π→X'Σ, (4,8).
Cameron
IV. pozitív
(5,9)
(10,21)
(4,8)
(3,7)
(9,20)

4. ábra.

2537 Å, a hozzátartozó energiaállapot 37650 cm^{-1}, azaz kb. 4,6 Volt és így ennek révén a 6,8 Voltos *CO*-állapot gerjesztése nem lehetséges; viszont feltűnő, hogy az erős sáv a higanyvonaltól mindössze 30∼50 Å-nyire esik a vörös felé. A legegyszerűbb magyarázatot, hogy t. i. a pl. $v=8$ vibrációs emeletre gerjesztett, egyébként $X^1\Sigma$ állapotú *CO* gáz a 4,6 Voltnyira gerjesztett higanyatommal való ütközés révén gerjesztetnék az $a^3\Pi$, $v=4$ állapotra, mégis el kell vetnünk, mert semmi okunk sem lehet éppen az $X^1\Sigma$, $v=8$ állapotot kitüntetettnek venni; viszont a *Hg*-rezonancia energiája elegendő lenne az $X^1\Sigma$, $v=7$ és $v=9$ állapotoknál is (hogy messzebb ne menjünk), az $a^3\Pi$, $v=3$ és esetleg $v=5$ nívókra felgerjeszteni a szénoxidot, aminek következtében a 3→7, esetleg az 5→9 CAMERON-sávnak is meg kellene jelenni. A tapasztalat viszont az, hogy kizárólag a 4—8 átmenet helyén lép fel egy sáv szembeszökően nagy intenzitással.

A következő legegyszerűbb feltevés lenne az, hogy a *CO* $a'^3\Sigma^+$ állapotot, — amelyik közel ebben az energiamagasságban van, — tegyük felelőssé a 6·8 Voltos nívó különleges számosságáért.[1] Ha ennek rotációs termjei keresztezik az $a^3\Pi$, $v=4$ nívó rotációs termsorát, feltehető lenne, hogy (pl. perturbáción keresztül) mégis bekövetkezhetnék az átmenet. E feltevés mellett azonban a higanynak semmilyen különleges szerep nem jut: nyilván a közel azonos energiájú $a'^3\Sigma^+$, $v=0$ és $a^3\Pi$, $v=4$ állapotok még a higanyon kívül minden más atommal való ütközés révén is, de egyszerű (igen nagy hullámhosszúságú infravörös) dipólsugárzás kíséretében is egymásba átalakulhatnak, így tehát ez a magyarázat, bár lehetséges, de nem szükségszerű, sőt, a mellett hogy a higany specifikus szerepét nem magyarázza meg, arra sem tud felelni, hogy milyen faktor indokolná éppen az $a'^3\Sigma^+$ nívó rendkívüli számosságát.

A 6,9 Volt nívójában az $a'^3\Sigma^+$, $v=0$ és $a^3\Pi$, $v=4$ állapotokon kívül más *CO* termet nem ismerünk. Viszont éppen ebben a magasságban találtuk a $C\,(^3P) + O\,(^3P)$ atomtermkombinációt, mint a szénmonoxid legalacsonyabban fekvő disszociációs állapotát. Így tehát nem marad más feltevés, minthogy ezt a disszociációs álla-

[1] Ebben az esetben a dolgozat első részében tárgyalt $a'^3\Sigma^+$ nívó vibrációs termjeihez még két emelet csatlakoznék alulról.

potot tegyük felelőssé a 6,8 Voltos nívó számosságáért. Kérdés mármost, hogy hogyan kerülhet át a közvetlen disszociáció előtt álló CO az $a^3\Pi$, $v=4$ emeletre?

6,8 Volt környékén a molekula disszociációja annyira előrehaladt, hogy a magok tekintélyes távolságra vannak egymástól. Ha egészen elemi módon elképzeljük a súlyos és mintegy 4,6 Voltra gerjesztett higanyatommal való ütközést, egészen plauzibilisnak látszik, hogy a CO a 6,8 Volt környékéről felkerülhet a 11·1 Voltos állapot fölé, ahol az $a^3\Pi$, az $e^3\Sigma^-$ és az $a'^3\Sigma^+$ nívók disszociációs tartománya fekszik. Az ütközésnél a Hg atom gerjesztési energiáját a C, ill. O atomok valamelyikének átadhatja, amikor is ezek ^5S, ill. ^1S energiaállapotba juthatnak. Ehhez a szénnél kb. 4·2 Volt, az oxigénnél pedig 4,17 Volt energia szükséges. Ha az így keletkezett $^5S+^3P$, illetőleg $^3P+^1S$ atomtermkombinációk, minthogy a higanyatommal való ütközés a magokat ismét közel hozhatja egymáshoz, innen akár az $a^3\Pi$, $v=4$, akár az $a'^3\Sigma^+$, $v=0$ nívóra kerülnek, máris képes a molekula a higanytól «kölcsönkapott» energiát visszaadni. — Az exaktabb elmélet szerint ennek a fel-, majd lekerülésnek nem is kell megtörténnie, elegendő ennek a higanyon keresztül való lehetősége is: a CO 6·8 Volt disszociáló állapotáról a higany «katalizálása» mellett rezonancia útján tényleg átkerülhet akár az $a^3\Pi$, $v=4$, akár az $a'^3\Sigma^+$, $v=0$ termre.

Az itt ismertetett folyamat tulajdonképpen a predisszociáció megfordítottja: tényleg, amidőn a III. fejezetben azt mondottuk, hogy a CAMERON sávokból azért ismeretes csak a $v'=0$, 1, 2, 3 és 4 nívó, mert a 6·9 Volt magasságában a $C\,(^3P)+O\,(^3P)$ disszociációs határ predisszociációt okoz az $a^3\Pi$, $v=4$ állapoton, azt tételeztük fel, hogy erről az állapotról a disszociált rendszerbe lehetséges az átmenet. Nem tűnik tehát jogosulatlannak az ellenkező folyamat lehetőségéről is beszélni. Sőt nem látszik kizártnak az sem, hogy feltételezzük az $a^3\Pi$, $v=4$ nívóról induló sávok szelektív emissziójának analogiájára a kitüntetett 6·8 Voltos magasságnak megfelelő energia szelektív abszorpciójának lehetőségét. Tényleg, LEIFSON(120) említi is egy 1760 és 1820 $\mathring{A}$ közötti abszorpciós sáv megfigyelését. Éppen ezek közt a határok közt kellene az $a^3\Pi$ (4) — $X^1\Sigma$ (0) CAMERON-sávnak megjelennie. Később BIRGE és HOPFIELD (110) viszont, bár nem csupán a $0\leftarrow0$, $1\leftarrow0$, $2\leftarrow0$, $3\leftarrow0$ és $4\leftarrow0$ CAMERON-sávok,

hanem még más, ezeknél lényegesen gyengébb átmenetek észleléséről is beszámolnak, nem jelzik a 4←0 CAMERON-sávot különösképpen intenzívnek. Feltehető azonban, hogy LEIFSON vakuumspektrográfja higanygőzt tartalmazott, míg BIRGE és HOPFIELD fejlettebb technikáját tekintve, náluk ez nem látszik valószínűnek. A higany katalizációs szerepét itt úgy képzeljük, hogy míg maga az alapállapotú szénoxid a 6·8 Voltnyi energiának megfelelő hullámhosszat nem nyeli el különösebb mértékben, azáltal, hogy a rezonanciaenergiára gerjesztett *Hg* atomokkal való ütközés révén átmenet következhet be akár az $a^3\Pi$, $v=4$, akár az $a'^3\Sigma^+$, $v=0$ állapotba, lehetségessé válik a 6·8 Voltnak megfelelő hullámhosszak szelektív abszorpciója. Vagy más fogalmazásban: a higany katalizálta a disszociáló *C* és *O*-atomok rekombinációját. — Az elmondottak szerint tehát a «*K*» nívónak önálló realitása semmiképp sem lehet és az a *CO*-energiaszkémából törlendőnek tekinthető.

Irodalom.

(1) E. HULTHÉN, Ann. d. Phys. (4). *71*. 41. 1923.

(2) R. C. JOHNSON, Trans. Faraday Soc. *25*. 660. 1929.

(3) W. JEVONS, Report on Band Spectra of Diatomic Molecules. The Physical Society, London. Cambridge Univ. Press 1932.

(4) J. E. ROSENTHAL and F. A. JENKINS, Proc. Nat. Acad. Amer. *15*. 896. 1929.

(5) D. COSTER, and F. BRONS, Physica *1*. 634. 1934.

(6) R. SCHMID, ZS. f. Phys. *49*. 428. 1928.

(7) R. SCHMID, D. v. FARKAS u. Th. KÖNIG, ZS. f. Phys. *64*. 84. 1930.

(8) R. SCHMID, ZS. f. Phys. *64*. 279. 1930.

(9) B. POGÁNY u. R. SCHMID, ZS. f. Phys. *49*. 162. 1928.

(10) R. SCHMID, ZS. f. Phys. *59*. 42. 1929.

(11) B. POGÁNY u. R. SCHMID, ZS. f. Phys. *54*. 779. 1929.

(12) R. SCHMID, ZS. f. Phys. *59*. 850. 1929.

(13) R. SCHMID, T. v. NEUGEBAUER, D. v. FARKAS, Ch. BARABÁS, ZS. f. Phys. *65*. 541. 1930.

(14) F. CAVALLONI, ZS. f. Phys. *76*. 527. 1932.

(15) F. CAVALLONI, ZS. f. Phys. *90*. 342. 1934.

(16) WIEN—HARMS, Handb. d. Experimentalphysik, I. Erg. Bd., W. WEIZEL: Bandenspektren, 1931. S. 134. 175, 361, 364, 374.

(17) GEIGER—SCHEEL: Handb. d. Physik Bd. XXI, R. MECKE:

Bandenspektra, 1929, S. 535; Bd. XXIII/1.,II. Aufl., S. 138. Bd. XXIV/2., 1934, S. 111.

(18) KAYSER—KONEN: Hand. d. Spektroskopie, Bd. VII, 1934. S. 1246, 1248, 1251, 1298, 1319, 1320, 1321, 1323.

(19) W. JEVONS: Report on Band Spectra of Diatomic Molecules, 1932, p. 293, 297, 303.

(20) EBERHARD—KOHLSCHÜTTER—UDENDORFF: Handb. d. Astrophysik, Bd. II/3., 1930, S. 792. (K. WURM, Bandenspekra); Erg. Bd. 1936, S. 223, 324, 325.

(21) S. M. NAUDÉ, Phys. Rev. *34.* 1499. 1929.

(22) S. M. NAUDÉ, Phys. Rev. *36.* 333. 1930.

(23) F. RASETTI, ZS. f. Phys. *66.* 646. 1930.

(24) J. H. VAN VLECK: The Theory of Electric and Magnetic Susceptibilities, Oxford, 1932, VII, IX, X, XI fej.

(25) E. BRÓDY, T. MILLNER u. R. SCHMID, ZS. f. Phys. *68.* 395. 1931.

(26) E. C. STONER: Magnetism and Matter, 1934, p. 345.

(27) R. F. SCHMID, Phys. Rev. *39.* 539. 1932.

(28) R. F. SCHMID, Phys. Rev. *41.* 732. 1932.

(29) R. SCHMID, ZS. f. Phys. *83.* 711. 1933.

(30) R. SCHMID, ZS. f. Phys. *84.* 732. 1933.

(31) R. SCHMID, ZS. f. Phys. *85.* 384. 1933.

(32) R. F. SCHMID, Phys. Rev. *42.* 182. 1932.

(33) C. M. BLACKBURN, Proc. Nat. Acad. Amer. *11.* 28. 1925.

(34) R. SCHMID u. L. GERŐ, ZS. f. Phys. *86.* 297. 1933.

(35) R. SCHMID u. L. GERŐ, ZS. f. Phys. *86.* 314. 1933.

(36) R. S. MULLIKEN, Phys. Rev. *42.* 364. 1932.

(37) R. S. MULLIKEN, Journ. Chem. Phys. *3.* 720. 1935.

(38) EUCKEN—WOLF: Hand- u. Jahrbuch d. Chem. Physik, Bd. 9, 1934, S. 360.

(39) A. STUART: Molekülstruktur, 1935, S. 296.

(40) H. SPONER: Molekülspektren u. ihre Anwendung auf chemische Probleme, 1936; Bd. I, S. 66, 67, 123, 145; Bd. II. S. 122, 226, 278, 286.

(41) R. de L. KRONIG, The Optical Basis of the Theory of Valency, 1935, p. 142, 189, 207.

(42) R. SCHMID u. L. GERŐ, ZS. f. Phys. *93.* 656. 1935.

(43) L. GERŐ, ZS. f. Phys. *93.* 669. 1935.

(44) R. SCHMID u. L. GERŐ, ZS. f. Phys. *94.* 386. 1935.

(45) GERŐ L., Mat. és Term. Tud. Ért. *LIII.* 331. 1935.

(46) R. SCHMID, ZS. f. Phys. *89.* 701. 1934.

(47) R. F. SCHMID, Phys. Rev. *39.* 539. 1932.

(48) A. BUDÓ, Zeemanverhandelingen, p. 166.

(49) R. SCHMID, Zeemanverhandelingen, p. 175.

(50) A. Budó, ZS. f. Phys. *96*. 219. 1935.
(51) A. Budó, ZS. f. Phys. *98*. 437. 1936.
(52) A. Budó, Mat. és Term. Tud. Ért. *LIV*. 387. 1936.
(53) L. Gerő, ZS. f. Phys. *96*. 669. 1935.
(54) R. Schmid und L. Gerő, ZS. f. Phys. *96*. 546. 1935.
(55) L. Gerő, ZS. f. Phys. *95*. 747. 1935.
(56) R. Schmid u. L. Gerő, ZS. f. Phys. *96*. 198. 1935.
(57) R. Schmid, Phys. ZS. *37*. 55. 1936.
(58) Babits V., Technika *XV*. 46. 1934.
(59) V. Babits, Elektrotechnik u. Maschinenbau *52*. Heft. 4. 1934.
(60) B. Pogány, Naturwissenschaften *21*. 719. 1933.
(61) B. Pogány, ZS. f. Phys. *86*. 729. 1933.
(62) B. Pogány, ZS. f. Phys. *93*. 368. 1935.
(63) B. Pogány, Zeeman-Verhandelingen, Haag, 1935. p. 336.
(64) Pogány B., Mat. és Term. Tud. Ért. *LI*. 1. 1934.
(65) Pogány B., Mat. és Term. Tud. Ért. *LIII*. 352. 195.
(66) R. Schmid and L. Bozóky, Phys. Rev. *48*. 465. 1935.
(67) R. Schmid and L. Bozóky, Phys. Rev. *48*. 466. 1935.
(68) Bozóky L., Mat. és Term. Tud. Ért. *LIV*. 557. 1935.
(69) L. Gerő, ZS. f. Phys. *99*. 52. 1936.
(70) L. Gerő, ZS. f. Phys. *100*. 374. 1936.
(71) R. Schmid u. L. Gerő, ZS. f. Phys. *99*. 281. 1936.
(72) R. Schmid, ZS. f. Phys. *99*. 274. 1936.
(73) R. Schmid, ZS. f. Phys. *99*. 562. 1936.
(74) R. Schmid, ZS. f. Phys. *99*. 626. 1936.
(75) Schmid R., Mat. és Term. Tud. Ért. *LIV*. 769. 1936.
(76) R. Schmid, Phys. Rev. *49*. 271. 1936.
(77) R. Schmid, A. Budó, J. Zemplén, ZS. f. Phys. *103*. 761. 1936.
(78) Zemplén J., Mat. és Term. Tud. Ért. *LVI*. 185. 1936.
(79) L. Gerő, ZS. f. Phys. *101*. 311. 1936.
(80) R. Schmid u. L. Gerő, ZS. f. Phys. *101*. 343. 1936.
(81) W. H. B. Cameron, Phil. Mag. (VII) *1*. 405. 1926.
(82) R. T. Birge, Phys. Rev. *28*. 1157. 1926.
(83) R. C. Johnson, Nature *117*. 376. 1926.
(84) Transactions of the International Astronomical Union, Vol. IV. 1933. p. 57.
(85) H. Kayser—H. Konen: Handb. d. Spectroscopie, Bd. 8/I. 1932. S. 638.
(86) G. H. Dieke, J. W. Mauchly, Phys. Rev. *43*. 12. 1933.
(87) E. L. Hill, J. H. van Vleck, Phys. Rev. *32*. 250. 1928.
(88) G. Herzberg, ZS. f. Phys. *52*. 815. 1929.
(89) Deslandres, C. R. *106*. 842. 1888.
(90) C. P. Snow, E. K. Rideal, Proc. Roy. Soc. *125*. 462. 1929.
(91) R. S. Estey, Phys. Rev. *35*. 309. 1930.

(92) R. K. Asundi, Proc. Roy. Soc. *124*. 277. 1929.
(93) D. N. Read, Dissertation, Princeton, 1933.
(94) D. N. Read, Phys. Rev. *46*. 571. 1934.
(95) Kelemen S., Disszertáció, Pannonhalma, 1936.
(96) R. K. Asundi, Proc. Ind. Acad. Sci. *III*. 554. 1936.
(97) Gerő L., Disszertáció, Budapest, 1935.
(98) R. C. Johnson, R. K. Asundi, Proc. Roy. Soc. (A) *123*. 560. 1929.
(99) H. P. Knauss, Phys. Rev. *32*. 417. 1928.
(100) R. S. Estey, Phys. Rev. *35*. 309. 1930.
(101) R. T. Merton, R. C. Johnson, Proc. Roy. Soc. (A) *103*. 383. 1923.
(102) G. Herzberg, Ann. d. Phys. (5) *15*. 677. 1932.
(103) F. Brons, Nature *135*. 873. 1935.
(104) R. S. Mulliken, Interpretation of Band Spectra, Part. III. Sec. 2. Rev. of Modern Phys. *4*. 25. 1932. és Part. IIc., *3*. 115. 1931.
(105) R. F. Bacher, S. Goudsmit, Phys. Rev. *46*. 948. 1934.
(106) B. Edlén, ZS. f. Phys. *84*. 746. 1935.
(107) R. T. Birge, H. Sponer, Phys. Rev. *28*. 259. 1926.
(108) R. Rydberg, ZS. f. Phys. *73*. 376. 1932.
(109) E. A. Hylleraas, ZS. f. Phys. *96*. 661. 1935.
(110) J. J. Hopfield—R. T. Birge, Phys. Rev. *29*. 922. 1927.
(111) H. J. Henning, Ann. d. Phys. (5) *13*. 599. 1932.
(112) G. Büttenbender, G. Herzberg, Ann. d. Phys. (5) *21*. 577., 1934/35.
(113) H. Ludloff, ZS. f. Phys. *39*. 528. 1926.
(114) O. Oldenberg, ZS. f. Phys. *56*. 563. 1929.
(115) E. Hulthén, ZS. f. Phys. *32*. 32. 1925.
(116) E. Hulthén, ZS. f. Phys. *50*. 319. 1928.
(117) W. Kapúscinski—J. G. Eymers, ZS. f. Phys. *54*. 246. 1929.
(118) D. Coster, E. van Dijk, A. J. Lameris, Physica *II*. 267. 1935.
(119) J. Kaplan, Phys. Rev. *36*. 788. 1930.
(120) S. W. Leifson, Astroph. Journ. *63*. 73. 1926. Ref. Phys. Ber. *7*. 1171. 1926.

(A M. T. Akadémia III. osztályának 1936. nov. 23-án tartott üléséből.)

Mitteilung aus dem Physikalischen Institut der Königl. Ungarischen Universität für technische und Wirtschaftswissenschaften.

ÜRER DIE ENERGIEZUSTÄNDE DES *CO*-MOLEKÜLS, I.* U. II.

Von R. SCHMID und L. GERŐ, in Budapest.

Im Rahmen eines zusammenfassenden Berichtes über dem gegenwärtigen Stand der Kenntnisse über das *CO*-Spektrum, wird von folgenden neueren Forschungsergebnissen berichtet:

1. Die $a^3\Pi \leftarrow X^1\Sigma$ (CAMERON-) Bande (0, 0) ist mit grosser Dispersion aufgenommen und analysiert worden. Man beobachtete die Zweige $O_1 P_1 Q_1$, $P_2 Q_2 R_2$ und $Q_3 R_3 S_3$ in Übereinstimmung mit der theoretischen Vorhersage für Singulett-Triplett Interkombinationen. Der Abstand $^3\Pi_0\,(v=0,\ J=0) \leftarrow {}^1\Sigma\,(v=0,\ J=0)$ ergibt sich zu 48436·4 cm^{-1}, der von $^3\Pi_1 \leftarrow {}^1\Sigma$ zu 48477·9 und $^3\Pi_2 \leftarrow {}^1\Sigma$ zu 48512·7 cm^{-1}. — Die Rotationskonstante des $X^1\Sigma\,(v=0)$ Zustandes beträgt 1·9225 cm^{-1}, in bester Übereinstimmung mit dem, auf Grund der Rotationsanalyse der IV. pos. *CO*-Banden extrapolierten Wert.

2. Die Vibrationsterme des $a'\,^3\Sigma$ Elektronenzustandes werden teils auf Grund der Störungen, die sie an verschiedene $A^1\Pi$, bzw. $b^3\Sigma$ Terme verursachen, vom nullten Schwingungszustand (der sich in der Höhe von 57763 cm^{-1} über dem $X^1\Sigma\,(v=0, J=0)$ Grundterm befindet) bis zum $v=38$-Niveau (dessen Höhe 88375 cm^{-1} beträgt) einwandfrei eingeordnet. Bei ung. 89600 cm^{-1}=11·06 Volt liegt die Dissoziationsgrenze $C\ (^5S) + O\ (^3P)$ vor. $B\ (v=0)$ berechnet sich zu 1,236 cm^{-1}, $B\ (v=38)$ zu 0,433 cm^{-1}; im Zwischengebiet

* Vergl. S. 41. des Bandes.

zeigen die $B(v)$-Werte einen glatten, mit wachsenden v schneller als quadratisch sich abnehmenden Verlauf an.

Die — infolge von Störungen am $A^1\Pi$ Zustand sich bemerkbar machende — Schwingunszustände von $e^3\Sigma^-$ lassen sich bis zu der höchsten noch beobachteten einordnen. Die Dissoziation erfolgt höchstwahrscheinlich auch bei ung. 11·06 Volt, jedoch in die Atomtermkombination $C\,(^3P) + O\,(^1S)$. Die Rotationskonstanten lassen sich durch die Näherungsformel: $B_v = 1{\cdot}349 - 0{\cdot}013\,v$ darstellen.

4 Die Schwingungstermfolge des Elektronenzustandes $I^1\Sigma^-$ (der ebenfalls durch Störungen am $A^1\Pi$-Zustand sich äussert) ist zwischen 66000 cm^{-1} und 80000 cm^{-1} über dem $X^1\Sigma$-Grundzustand bekannt. Sie umfasst in disesem Bereiche 15 Schwingungsstufen.

5. Überlegungen betreffs der Triplettaufspaltungen der CO und C, bw. O Terme zeigen, dass die Dissoziationsenergie des $d^3\Pi_i$-Termes 3·17 Volt beträgt und $C\,(^5S) + O\,(^3P)$ als Dissoziationsprodukte liefert.

6. Anlehnend an die Betrachtungen hinsichtlich der Prädissoziationsgrenze des CO bei 11·06 Volt, die zugleich die eigene Dissoziationsgrenze des $a'^3\Sigma$-Zustandes darstellt, wird es demonstriert, dass der Fall der Dissoziation durch Rotation ganz allgemeiner Weise auf eine «Grenzkurve der Dissoziation» führt, die gleichzeitig die Energiewerte der Maxima der effektiven Potentialkurven als Funktion von $J\,(J+1)$ darstellt. Auch die «Kurve der Minima» der effektiven Potentialkurven lässt sich im selben Koordinatensystem auftragen. Man erhält diese letztere in der Weise, dass die Rotationstermlagen auf den schwingungslosen Zustand extrapoliert werden. Beide Kurven berühren sich bei einem Energie-, bzw. $J\,(J+1)$-Wert, der dem Inflexionspunkt mit wagerechtem Tangente der kritischen effektiven Potentialkurve entspricht. Die Grenz- und die Minimumkurve haben die Eigenschaft, dass auf Grund des Neigungswinkels, bzw. Schnittpunktes mit der Ordinatenachse ihrer Tangenten eine einfache Bestimmungsmethode der Kernabstände und der Energiewerte der Potentialkurve sich aufbauen lässt. — Auf Grund des rein empirischen Materials, geliefert durch die Bandenanalyse und Beobachtung von

abbrechenden Rotationstermfolgen, lässt sich also die Potentialfunktion bestimmen, ohne dass man dabei von irgend einer Ansatzt gebrauch gemacht hätte. — Das Verfahren wird am Beispiel des HgH, $^2\Sigma$-Grundtermes demonstriert. Auch der Fall der Überschneidung von Potentialkurven lässt sich nach der Methode der Grenzkurve, bzw. Grenzgerade sehr leicht und einleuchtend erörtern.

7. Es wird gezeigt, dass dem angeblichen «K»-Niveau von CO keine Realität zukommen kann.

(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften vom 23. Nov. 1936.)

DOLGOZATOK A NEM IZOTERM GALVÁNELEMEKRŐL.

SZABÓ ZOLTÁN-tól. (Szeged.)

A következő három dolgozat létrejöttét lényegesen elősegítette a Magyar Tudományos Akadémia III. osztálya által nyújtott kutatási segély. A Magyar Tudományos Akadémiának, a Rockefeller Alapítványnak, továbbá a szegedi Természettudományi Kutatási Bizottságnak e helyen is hálás köszönetet mondok a segédeszközökben való támogatásért.

Hálás köszönetemet fejezem ki e helyen is dr. NÁRAY-SZABÓ ISTVÁN egyetemi m. tanár úrnak a munkám folyamán tanúsított szíves érdeklődésért.

Egyetemi Elméleti Fizikai Intézet.

I. Adatok a nem izoterm rendszerek termodinamikájához.

SZABÓ ZOLTÁN-tól. (Szeged.)

1. §. Általános termodinamikai vonatkozások.

A nem izoterm rendszerek termodinamikájának eddig csak egyes speciális kérdéseit vizsgálták, mint például a LUDWIG—SORET-effektus, a termoelemek elmélete stb. WAGNER[1] felhasználva az EASTMAN[2] által bevezetett átviteli hő fogalmát, megadta a nem izoterm fázisok stacionárius állapotainak feltételi egyenleteit és az egyes jelenségeket meghatározó törvényeket, mint ezen általános egyenletek speciális folyományait tárgyalta.

---

[1] C. WAGNER: Ann. Physik. (5) **3**. 629. 1929., (5) **6**. 370. 1930.

[2] E. D. EASTMANN: Journ. Amer. Chem. Soc. **48**. 1482. 1926., **5**). 283. 292. 1928.

Azonban WAGNER-nél is éppen úgy, mint a többi szerzőnél, hiányzik az átviteli hő természetének vizsgálata, a többi termodinamikai mennyiségekkel való összefüggésében. Miután eddig az átviteli hőt semilyen más állapotjelzőkkel sem sikerült kifejezni, viselkedéséről semmit semmit sem tudott a termodinamika.

Jelen dolgozat célja a nem izoterm rendszerek termodinamikájának vizsgálata kapcsolatban a közönséges izoterm rendszerek termodinamikájának eredményeivel. Ez azon az alapon épülhet fel, hogy vizsgáljuk egy rendszer szabadenergiájának változását, mint a hőmérséklet függvényét. Ekkor az átviteli hő bevezetése nemcsak nem önkényes, hanem a többi termodinamikai mennyiségekkel összefüggő mennyiség marad. Differenciáljuk a szabadenergia definiáló egyenletét, állandó nyomást feltételezve a hőmérséklet szerint.[1]

$$F = H\,TS \tag{1}$$

$$\frac{\partial F}{\partial T} = \frac{\partial H}{\partial T} - T\frac{\partial S}{\partial T} - S \tag{2a}$$

figyelembevéve, hogy

$$\left(\frac{\partial H}{\partial T}\right)_p = C_p \qquad \left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_p = \frac{C_p}{T}$$

kapjuk

$$\frac{\partial F}{\partial T} = -S = \frac{F-H}{T} \tag{2b}$$

vagy ha szabadenergiaváltozásokat veszünk figyelembe

$$\frac{\partial \Delta F}{\partial T} = -\Delta S = \frac{\Delta F - \Delta H}{T} \tag{2c}$$

ami még a következőképen is írható

$$\frac{\partial\left(\frac{\Delta F}{T}\right)}{\partial T} = -\frac{\Delta H}{T^2} \tag{3}$$

---

[1] LEWIS—RANDALL: Thermodynamik. Wien, 1927. 237. o.

A szabadenergia és az aktivitás közötti viszonyt definiáló egyenletet figyelembevéve

$$F = \text{konst} + RT \ln a \tag{4a}$$

illetve

$$\Delta F = RT \ln {}^{a}/_{a'}. \tag{4b}$$

Ezt a 3-ba téve

$$\frac{\partial \left(\ln {}^{a}/_{a'}\right)}{\partial T} = -\frac{\Delta H}{RT^2} = -\frac{\overline{L} - \overline{L}'}{RT^2}. \tag{5}$$

Tehát az aktivitás megváltozása a-ról a'-re a hőtartalom ΔH megváltozásával jár, mely a relatív hőtartalommal a fenti módon függ össze. Válasszuk az egyik állapotot normál állapotnak, ahol $a' = 1$, $\overline{L}' = 0$, akkor

$$\frac{d \ln a}{dT} = -\frac{\overline{L}}{RT^2} = -\frac{\mathfrak{L}}{RT^2} = -\frac{\mathfrak{S}}{RT}, \tag{6}$$

hol $\mathfrak{L}$ az átviteli hő, $\mathfrak{S}$ az átvitel entrópiája.

Ezen egyenlet, mint az EASTMAN és WAGNER-féle egyenletek analogonja adja meg a lehetőséget a nem izoterm rendszerek termodinamikájának tárgyalásához. Ugyanis egy bizonyos aktivitásváltozás elérhető egyrészt izoterm koncentrációváltozással, másrészt azonos koncentráció mellett hőmérsékletváltozással. Termodinamikai szempontból a két különböző módon előállított aktivitásváltozás azonos kihatású.[1]

Az $\mathfrak{L}$ átviteli hő az EASTMAN—WAGNER-féle átviteli hővel (Q) a következőképen függ össze:

EASTMANN definíciója

$$\frac{d \ln m}{dT} = -\frac{Q}{RT^2} \tag{7}$$

hol m a moláris koncentráció. Tehát

$$\frac{d \ln a}{dT} = -\left(\frac{Q}{RT^2} + \frac{d \ln f}{dT}\right). \tag{8}$$

Oldatok esetében

$$\frac{Q}{RT^2} + \frac{d \ln f}{dT} = \frac{\mathfrak{L}}{RT^2} = \frac{1}{RT^2}\left(Q + \frac{\Delta_m - L_0}{\nu}\right) \tag{9}$$

[1] E. D. EASTMAN: Journ. Amer. Chem. Soc. 50. 1928. 284.

hol λ_m a differenciális oldáshő, L_0 pedig az első oldáshő, ν az iónok száma a molekulában.[1]

LANGE és MONHEIM is definiáltak egy átviteli hőt,[2] az úgynevezett elektrokémiai átviteli hőt, melyben az elektromos kettős réteg potenciáljának és a felületi potenciálnak a temperaturakoefficiense is szerepel. Ezek a tényezők azonban csak az elektromos töltés következtében megváltozott viszonyokat veszik figyelembe, tehát csak végtelen híg oldatokra érvényesek. Általánosabb a mi definíciónk, melyben aktivitási koefficiens is szerepel.

Vegyük most az eddigi alapokon vizsgálat alá a nem izoterm rendszerek termodinamikájának bennünket közelebbről érdeklő kérdéseit.

a) LUDWIG—SOSET-féle tünemény.

Ezen még a mult század közepén felfedezett és azóta úgy kísérletileg, mint elméletileg behatóan tanulmányozott tünemény[3] tárgyalásánál a (6) egyenletünkből induljunk ki.

Az aktivitás nem elektroliteknél is mint a koncentráció és az aktivitási koefficiens szorzata fogható fel.

$$a = m\gamma$$

ezt a (6)-ba téve

$$\frac{d \ln m}{dT} + \frac{d \ln \gamma}{dT} = -\frac{\mathfrak{L}}{RT^2}, \tag{10}$$

ahol $\mathfrak{L}$ a nem elektrolit átviteli hője. Miután a nem elektrolitek oldatai az ideális oldathoz meglehetősen közel állanak és így a higítási hőjük elenyésző, az ezzel összefüggő tag $\left(\frac{d \ln \gamma}{dT}\right)$ a fenti egyenletben elhanyagolható. Tehát a hőmérsékleti gradiens véges átviteli hő esetében az oldatban koncentrációgradienst létesít.

Elektroliteknél a (15) egyenlet a következőképen alakul:

$$\nu\left[\frac{d \ln m}{dT} + \frac{d \ln \gamma}{dT}\right] = -\frac{\mathfrak{L}}{RT^2}, \tag{11}$$

hol ν az iónok száma.

---

[1] E. LANGE és H. STREECK: Zeitschr. f. phys. Chem. A **152**. 19. 1931.

[2] E. LANGE és J. MONHEIM: Zeitschr. f. phys. Chem. A **150**. 186. 1930.

[3] Lásd C. WAGNER: log. cit. 650. o.

A $\nu \frac{d \ln \gamma}{dT}$ tag nagy higításoknál elektroliteknél is elhanyagolható, vagyis a klasszikus LUDWIG-SORET-koefficienst reprezentáló $\nu \frac{d \ln m}{dt}$ tag az átviteli hővel arányos. Nagyobb koncentrációknál ez az elhanyagolás már nem történhet meg, a LUDWIG—SORET-koefficiens kiszámításánál az aktivitási koefficiens temperaturafüggését is figyelembe kell venni. Az eddigiekből és abból, hogy az elektrolit aktivitása az iónaktivitások szorzata

$$a = Ha_i$$

következik, hogy a (16) egyenlet az egyes iónokra külön-külön felírva és összegezve is fennáll. Tehát az elektroliteknél a «SORET-koefficiens» az egyes iónok SORET-koefficienseinek az összegéből tevődik össze. Ezt már EASTMAN is megállapította CHIPMAN méréseinek feldolgozásánál. Megjegyezzük, hogy a LUDWIG—SORET-féle effektus kialakulásánál két fokozat különböztethető meg. Első lépés, mikor a stacionárius állapot csak hőmérsékleti szempontból állt be. A második fokozat, mikor az anyag átvitel szempontjából is fennáll a dinamikus egyensúly.

A klasszikus elmélet az első lépéssel nem számolt, mert csak az anyagátvitel kérdését kutatta. A nem izoterm termodinamikai kísérletek. nagy részénél mégis csak az első lépéssel kell számolnunk, mert a második lépés csak aránylag hosszabb idő mulva következik be. (Diffuziós állandó, geometriai viszonyok stb.)

b) Termoelektromos homogén effektus.[1]

Ezen jelenség, melynek különösen elektrolitoldatok esetében (fémekben is előfordul) termoelektromos diffuziós potenciál elnevezést is adhatjuk, szintén a (6) egyenletünk alapján tárgyalható. Az egész jelenség kialakulása nagy mértékben hasonlít az izoterm, NERNST-féle diffuziós potenciál létrejöttéhez.

Ott a koncentrációkülönbség, itt a hőmérsékletkülönbség hajtja az iónokat előre, melyek az anyag, illetve az elektromos töltés átszállítását végzik. Az átvitelben való részesedés az iónok

[1] Lásd C. WAGNER: log. cit. 657. o.

sebességétől függ éspedig minden ión az átviteli számának megfelelő hányadot szállítja át. Nagysága a következőképpen számítható.

Amidőn a hőmérsékleti gradiens beállásakor az aktivitás is megváltozik éspedig a (6) egyenlet értelmében, megindul az anyagátvitel is. A nagyobb mozgékonyságú iónok előresietnek és ezáltal az oldat különböző hőmérsékletű részei között a töltéseloszlás megváltozván, potenciálkülönbség lép fel. Ez a potenciálkülönbség a további átvitelt akadályozni akarja és stacionárius esetben a potenciálkülönbségen való áthaladás munkája a hőmérséklet különbség által képviselt penetrációs nyomóerő munkájával lesz egyenértékű.

Miután $RTd\ ln\ a_i$ aktivitásváltozás $z_i \mathfrak{F} dE$ potenciálkülönbséggel egyenértékű és az átvitelben minden ión az átviteli számának megfelelően vesz részt, a (6) egyenlet így is írható

$$\frac{RTd\ ln\ a}{dT} = -\frac{\mathfrak{Q}}{T} = RT \sum \frac{d\ ln\ a_i}{dT} = -\sum \frac{\mathfrak{Q}_i}{T}. \tag{12}$$

A fent mondottakat figyelembe véve

$$RT \sum \frac{d\ ln\ a_i}{dT} = \sum z_i \mathfrak{F} \frac{dE}{dT} = -\sum \frac{e_i \mathfrak{Q}_i}{T}, \tag{13}$$

ebből

$$\frac{dE}{dT} = -\sum \frac{e_i \mathfrak{Q}_i}{z_i \mathfrak{F} T}. \tag{14}$$

Speciálisan egységes és egy-egy értékű elektrolitra vonatkozólag

$$\frac{dE}{dT} = -\sum \frac{e_k \mathfrak{Q}_k - e_a \mathfrak{Q}_a}{\mathfrak{F} T}. \tag{15}$$

Megjegyezzük, hogy a termoelektromos diffuziós potenciál kialakulása a LUDWIG-SORET-féle tüneményhez hasonlóan szintén két lépésben történik. Annak megfelelően, hogy az anyagátvitellel kapcsolatban az aktivitás mennyire változott meg, változik a fellépő potenciálkülönbség is. Végeredményben mikor a stacionárius állapot az anyagátvitel szempontjából is beállt, beszélhetünk állandó potenciálkülönbségről. De éppen ezen stacionárius állapot beállása olyan lassú, hogy alkalmasan megválasztott

geometriai viszonyok között a potenciál a mérési lehetőségek határain belül több napon keresztül is állandó marad.

c) PELTIER-hő és SEEBECK-hatás.[1]

PELTIER hő tágabb értelemben az a hőmennyiség, mely akkor szabadul fel, mikor egy Coulomb pozitív töltés az I. fázisból a II. fázisba a közös fázishatáron átlép. A pozitív áram helyett beszélhetünk $^1/_{\mathfrak{F}}$ mol elektron áthaladásáról is az ellenkező irányban.

A jelenség szoros kapcsolatban van a SEEBECK hatással, mely megfordítottjának tekinthető. Ha a fázishatár hőmérséklete megváltozik, azon töltések haladnak át és ezáltal potenciálkülönbség létesül. Kérdés, hogy milyen összefüggés van a felvett, illetve leadott hő és a létesült potenciálkülönbség értéke között.

Ezt a THOMSON-féle szabály állapítja meg

$$\Pi = T\frac{dE}{dT}, \tag{16}$$

mely LANGE és MISCHTSCHENKO[2] szerint elektrolitek esetében a következőképen alakul

$$\Pi = \mathfrak{F}T\frac{d\Delta\varphi}{dT} + \mathfrak{Q}_\theta - e_k\mathfrak{Q}_k + e_a\mathfrak{Q}_a, \tag{17}$$

hol $\Delta\varphi$ a fázishatár potenciálja, $\mathfrak{Q}_\theta$ a fémelektronok átviteli hője, $\mathfrak{Q}_k$ és $\mathfrak{Q}_a$ a kation és az anion átviteli hője, e_k és e_a pedig ezek átviteli számai.

Miután

$$\Delta\varphi = \Delta\varphi_0 + \frac{RT}{z_i\mathfrak{F}}\ln a_i \tag{18}$$

egy, pl. katiónra megfordítható folyamatnál egy vegyértékű ion esetében lesz:

$$\Pi = \mathfrak{F}T\frac{d\Delta\varphi_0}{dT} + RT\ln a_k + RT^2\frac{d\ln a_k}{dT} + \mathfrak{Q}_\theta - e_k\mathfrak{Q}_k + e_a\mathfrak{Q}_a, \tag{19}$$

de

$$\frac{d\ln a_k}{dT} = -\frac{\mathfrak{Q}_k}{RT^2}. \tag{20}$$

---

[1] Lásd C. WAGNER: loc. cit. 665. o.

[2] E. LANGE és K. P. MISCHTSCHENKO: Zeitschr. f. phys. Chem. A. **149.** 1. 1930.

Beírva és összevonva

$$\Pi = \mathfrak{F}T\frac{d\ln\varphi_0}{dT} + RT\ln a_k + \mathfrak{L}_0 - (e_k+1)\mathfrak{L}_k + e_a\mathfrak{L}_a \qquad (21)$$

Természetesen ez az összevonás csak ott végezhető el, ahol a (20) fennáll. Másodfajú elektródoknál már nem.

d) A termolánc elektromotoros ereje.[1]

A termolánc elektromotoros erejének kiszámításánál figyelembe kell vennünk, hogy az kétféle potenciálkülönbségből tevődik össze: a fázishatárokon fellépő potenciálokból és a termoelektromos homogén effektusokból.

Két homogén vezetőből álló termolánc elektromotoros ereje lesz tehát

$$\begin{aligned} dE &= -\left(\frac{d\varphi^{\mathrm{I}}}{dT}\right)dT + (\varphi^{\mathrm{I}}-\varphi^{\mathrm{II}})_{T+dT} + \left(\frac{d\varphi^{\mathrm{II}}}{dT}\right)dT + (\varphi^{\mathrm{II}}-\varphi^{\mathrm{I}})_T = \\ &= \frac{\partial}{\partial T}(\varphi^{\mathrm{I}}-\varphi^{\mathrm{II}})\,dT - \left(\frac{d\varphi^{\mathrm{I}}}{dT}\right)dT + \left(\frac{dT^{\mathrm{II}}}{dT}\right)dT = \\ &= \left\{\frac{1}{\mathfrak{F}}\frac{\partial\overline{F}^{\mathrm{I}}}{dT} - \frac{1}{\mathfrak{F}}\frac{\partial F^{\mathrm{II}}}{\partial T} - \left(\frac{d\varphi^{\mathrm{I}}}{dT}\right) + \left(\frac{d\varphi^{\mathrm{II}}}{dT}\right)\right\}dT = \qquad (22) \\ &= \left\{\frac{1}{\mathfrak{F}}(S^{\mathrm{I}}-S^{\mathrm{II}})\left(\frac{\partial\varphi^{\mathrm{I}}}{dT}\right) + \left(\frac{d\varphi^{\mathrm{II}}}{dT}\right)\right\}dT = \\ &= \frac{1}{\mathfrak{F}}\left\{(S^{\mathrm{I}}-S^{\mathrm{II}}) + \sum\left(\frac{e_i\mathfrak{L}_i}{z_iT}\right)^{\mathrm{I}} - \sum\left(\frac{e_i\mathfrak{L}_i}{z_iT}\right)^{\mathrm{II}}\right\}dT. \end{aligned}$$

Ezen általános egyenleteknek a galvánelemekre való alkalmazásáról a következő fejezetben lesz szó.

2. §. Nem izoterm galvánláncok termodinamikája.

A termolánc elektromotoros erejét megadó általános egyenlet (22) nem izoterm galvánlánc esetében, $T^{(1)} - T^{(2)}$ hőmérsékletkülönbséget és binér elektrolitet feltételezve, a következő alakot veszi fel:

$$E = \frac{RT^{(1)}}{\mathfrak{F}}\ln\frac{f^{(1)}m^{(1)}}{P^{(1)}} - \frac{RT^{(2)}}{\mathfrak{F}}\ln\frac{f^{(2)}m^{(2)}}{P^{(2)}} + \varepsilon_{\text{elektrolit}} + \varepsilon_{\text{elektród}}, \qquad (23)$$

[1] Lásd C. Wagner: loc. cit. 670. o.

hol a zárójelbe tett felső indexek a hőmérsékletre vonatkoznak. fm a megfelelő aktivitás, $P^{(1)}$ és $P^{(2)}$ pedig az (1) és (2) hőmérsékletekhez tartozó abszolut oldástenzió. $\varepsilon_{\text{elektrolit}}$ az elektrolit két különböző hőmérsékletű vége között fellépő termoelektromos diffuziós potenciál, $\varepsilon_{\text{elektród}}$ pedig a két különböző hőmérsékletű elektród közötti termoelektromos homogén effektus.

Ha a fenti egyenletünk katiónláncra vonatkozik, akkor a megfelelő aniónlánc elektromotoros erejét a következő egyenlet fejezi ki:

$$E' = -\frac{RT^{(1)}}{\mathfrak{F}} ln \frac{f^{(1)'}m^{(1)}}{P^{(1)'}} + \\ + \frac{RT^{(2)}}{\mathfrak{F}} ln \frac{f^{(2)'}m^{(2)}}{P^{(2)'}} + \varepsilon_{\text{elektrolit}} + \varepsilon'_{\text{elektród}}. \tag{24}$$

A vesszővel jelzett tagok vonatkoznak az aniónra.

A két egyenlet nem független egymástól, mert a két egyenlet különbsége az átvitel nélküli láncok elektromotoros erejét adja $T^{(1)}$ és $T^{(2)}$ hőmérsékleteken. Vonjuk ki a 24-et a 23-ból

$$E + E' = \frac{RT^{(1)}}{\mathfrak{F}} ln \frac{[\gamma^{(1)}m^{(1)}]^1}{P^{(1)}P^{(1)'}} - \\ - \frac{RT^{(2)}}{\mathfrak{F}} ln \frac{[\gamma^{(2)}m^{(2)}]^2}{P^{(2)}P^{(2)'}} + \varepsilon_{\text{elektród}} + \varepsilon'_{\text{elektród}} \tag{25}$$

vagy ez így is írható

$$E - E' = E_0^{(1)} - E_0^{(2)} + \frac{2RT^{(1)}}{\mathfrak{F}} ln \gamma^{(1)}m^{(1)} - \\ - \frac{2RT^{(2)}}{\mathfrak{F}} ln \gamma^{(2)}m^{(2)} + (\varepsilon_{\text{elektród}} - \varepsilon'_{\text{elektród}}). \tag{26}$$

Ha $T^{(1)} - T^{(2)} = 1$, akkor a (26) egyenlet az átvitel nélküli lánc temperaturakoefficiensét adja, mely mint látjuk, a nem izoterm kation és aniónlánc termoelektromos erejéből is megkapható.

Vizsgáljuk meg, hogy az egyes fázishatárokon fellépő potenciálok milyen tényezőktől függenek.

Az elektród-elektrolit-határ potenciálját a hőmérséklet változása háromféleképen befolyásolja. $\frac{RT}{\mathfrak{F}} ln \frac{fm}{P}$ tagban szerepel maga a T, továbbá változik a hőmérséklettel az aktivitás, (fm)

szorzatértéke, mert az f csak végtelen higítás esetén független a hőmérséklettől. A priori feltételezhetjük, bár erre ezidőszerint még nincs adatunk, hogy a P is valamilyen függvénye a hőmérsékletnek. (Megjegyezzük, hogy a fejtegetéseinknél jelenleg a LUDWIG-SORET effektust mindig figyelmen kívül hagyjuk, illetve olyan kísérleti berendezést feltételezünk, melynél a mérés ideje alatt a LUDWIG—SORET effektus még csak észrevehető mértékben sem állt be.)

Az elektrolitban fellépő termoelektromos homogén effektus, mint azt az előző fejtegetéseinkben láttuk, az átviteli szám és az átviteli hő függvénye. Miután az egyes iónokra vonatkozó átviteli hők csak kevéssé ismeretesek, ezen effektus értékének kiszámítása nagy nehézségekbe ütközik. De egyéb vizsgálatokból arra következtethetünk, hogy az átviteli hő koncentrációfüggése csekély, a (15) egyenletben pedig az egyes átviteli hők különbsége szerepel, jó közelítéssel feltételezhetjük, hogy a termoelektromos diffuziós potenciál a koncentrációtól csak másodrendben függ és így különböző töménységű oldatokban ugyanaz a hőmérsékletkülönbség ugyanakkora homogén effektust hoz létre. Nehezebb figyelembe venni a fémekben fellépő termoelektromos homogén effektust, miután az elektronok átviteli hőjét nem ismerjük. Azonkívül, ha a külső vezető, nem mindenütt ugyanabból az anyagból áll, mint az elektród, akkor a homogén effektushoz még a fém/fém-határok termoelektromos potenciálja is hozzájárul.

Rajzoljuk fel egy nem izoterm galvánláncnak egy fix hőmérséklet alatt és felett lemért elektromotoros erejét, mint a hőmérséklet függvényét. A kapott görbe tartalmazni fogja az elektród/elektrolit fázishatárpotenciáljainak különbségét, valamint az elektrolit termoelektromos diffuziós potenciálját. Az elektródokban és a külső vezetőkben fellépő homogén effektusokat hanyagoljuk egyelőre el.

Az ordinátaérték a hőmérsékletkülönbséggel természetesen csökken és az O pontban eltűnik, hogy aztán ellenkező előjelű értéket vegyen fel. Miután az egyik hőmérsékletet fixen tartottuk, a görbe egyenlete (binér elektrolit esetében)

$$E = \left(\frac{R}{\mathfrak{F}} ln \frac{fm}{P}\right) T + \varepsilon - \text{konst.} \qquad (27)$$

Ha ε-t egyelőre figyelmen kívül hagyjuk, a görbe érintőjének iránytangense megadja minden egyes hőmérséklethez az $\frac{R}{\mathfrak{F}} ln \frac{fm}{P_0}$ szorzat értékét. Az origóban pedig éppen a vonatkozási hőmérséklethez tartozó $\frac{R}{\mathfrak{F}} ln \frac{f_0 m}{P_0}$ értéket. Miután a hőmérséklet csökkenésével az ε értéke is a zérushoz közeledik, ezen, a vonatkozási koncentrációhoz tartozó iránytangens fogja a legjobb közelítésű értéket szolgáltatni.

Ezen iránytangensértékek az abszolút hőmérséklettel szorozva egy potenciálértéket adnak. Nem szabad azonban azt gondolnunk, hogy ez az egyes elektród potenciálja, mert a fenti (27) egyenlet akkor is fennáll, ha mindenik elektródpotenciálhoz egy, a hőmérséklettől független potenciált adunk. A nem izoterm galvánlánc elektromotoros erejének fentebb vázolt vizsgálata erről felvilágosítást nem nyujt. Az iránytangens értéke ugyanaz marad, ha pl. a P egy hőmérséklettől függő és egy hőmérséklettől független tagra bomlik, amint arról egy egyszerű matematikai bizonyítás meggyőzhet. A nem izoterm galvánelemek temperatúrakoefficiensének vizsgálata egy másik probléma, az iónaktivitások problémájának megoldásához szolgáltat nélkülözhetetlen adatokat.

Legyen a mért temperaturakoefficiens m_1 koncentrációnál

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{R}{\mathfrak{F}} ln \frac{f_1 m_1}{P} + \left(\frac{d\varepsilon_1}{dT}\right)_0 + \left(\frac{d\varepsilon_{\text{elektród}}}{dT}\right)_0 \tag{28}$$

m_2 koncentrációnál

$$\operatorname{tg} \alpha_2 = \frac{R}{\mathfrak{F}} ln \frac{f_2 m_2}{P} + \left(\frac{d\varepsilon_2}{dT}\right)_0 + \left(\frac{d\varepsilon_{\text{elektród}}}{dT}\right)_0. \tag{29}$$

Miután nagy közelítéssel érvényes

$$\left(\frac{d\varepsilon_1}{dT}\right)_0 \simeq \left(\frac{d\varepsilon_2}{dT}\right)_0 \tag{30}$$

lesz

$$\operatorname{tg} \alpha_1 - \operatorname{tg} \alpha_2 = \frac{R}{\mathfrak{F}} ln \frac{f_1 m_1}{f_2 m_2} = \frac{\Delta\varphi}{T}. \tag{31}$$

Ha az egyik koncentrációt olyan kicsinek választjuk meg, hogy $f = \gamma$, tehát az iónaktivitás- koefficiens értéke az irodalom-

ból ismeretes középaktivitási koefficiens értékével legyen egyenlő, akkor az iránytangensek különbségéből a másik iónaktivitási koefficiens kiszámítható. Miután ez az eljárás többértékű elektrolitekre is könnyen átvihető, a nem izoterm galvánláncok tanulmányozása egy általános módszert ad az iónaktivitási koefficienseknek tetszésszerinti koncentrációtartományban való kutatásához. A fenti egyenletek azonban nemcsak egyszerű oldatokra vonatkozhatnak, hanem megállapításaink felhasználhatók egy másik fontos kérdés kutatásánál, a neutrális sóhatás, valamint a nemelektrolithatás vizsgálatánál is. Termoelektromos diffuziós potenciál ugyanis csak második közelítésben befolyásolja az iránytangens értékét, különösen a nem elektrolitek esetében.

Legyen az iránytangens a tiszta oldatban

$$\operatorname{tg} \alpha_0 = \frac{R}{\mathfrak{F}} \ln \frac{f_0 m}{P} + \left(\frac{d\varepsilon_0}{dT}\right)_0. \tag{32}$$

A neutrális sót vagy nem elektrolitet tartalmazó oldatnál

$$\operatorname{tg} \alpha' = \frac{R}{\mathfrak{F}} \ln \frac{f' m}{P} + \left(\frac{d\varepsilon'}{dT}\right)_0. \tag{33}$$

Minthogy

$$\left(\frac{d\varepsilon_0}{dT}\right)_0 \simeq \left(\frac{d\varepsilon'}{dT}\right)_0 \tag{34}$$

lesz

$$\operatorname{tg} \alpha_0 = \operatorname{tg} \alpha' = \frac{R}{\mathfrak{F}} \ln \frac{f_0}{f'}. \tag{35}$$

Ezen eljárás jelentősége abban áll, hogy nagy koncentrációknál, valamint nem elektrolitek esetében is használható. Ezen területek eddig a diffuziós potenciál bizonytalansága miatt az iónaktivitásokra vonatkozó vizsgálatok számára nem voltak hozzáférhetők.

A nem izoterm galvánlánc temperaturakoefficiense egy entrópiaváltozással egyenlő

$$\frac{dE}{dT} = \Delta S. \tag{36}$$

Ez az entrópiaváltozás két részből tevődik össze: az elektródfolyamat entrópiaváltozásából és az iónoknak az alacsony hő-

mérsékletről a magasabb hőmérsékletre való átvitelének entrópiájából:

$$\Delta S = \Delta S_e + \Delta S_t.$$

A ΔS_t az átviteli hőkből számítható. A ΔS_e-ből pedig, ha az elektród-reakcióban résztvevő többi anyagok entrópiája ismeretes, az ion abszolút entrópiája kapható meg.

Összefoglalás.

A nem izoterm és izoterm rendszerek termodinamikája közötti kapcsolatot a szabadenergia temperaturakoefficiensének vizsgálatával teremthetjük meg. Ugyanis a szabadenergiával arányos aktivitás megváltozása a hőtartalom megváltozásával jár és ez a hőmennyiség nem egyéb, mint az EASTMAN-féle átviteli hő.[1]

$$\partial\left(\frac{\Delta F}{T}\right) = -\frac{\Delta H}{T_2} \qquad (a)$$

egyenletből lesz

$$\frac{d\ ln\,(a/a')}{dT} = -\frac{\Delta H}{RT^2} = -\frac{\bar{L}-\bar{L}'}{RT^2}, \qquad (b)$$

amiből megfelelő normirozással

$$\frac{d\ ln\,a}{dT} = -\frac{\bar{L}}{RT^2} = -\frac{\mathfrak{L}}{RT^2} \qquad (c)$$

egyenletet, az EASTMANN-féle egyenlet analogonját kapjuk.

Az így definiált $\mathfrak{L}$ átviteli hő általánosabb, mint az EASTMANN-féle, mert figyelembe veszi az aktivitási koefficiens temperaturafüggését is. Az átviteli hőt vonatkoztathatjuk az iónokra és a molekulára.

(*c*) egyenletünk alapján értelmezhetők a LUDWIG—SORET-féle tünemény, a termoelektromos homogén effektus, a PELTIER-hő és a termoláncok elektromotoros erejének törvényszerűségei.

A nem izoterm galvánlánc elektromotoros erejét $T^{(1)} - T^{(2)}$

---

[1] E. D. EASTMAN: Journ. Amer. Chem. Soc. **50.** 292. 1928.

hőmérsékletkülönbség és binér elektrolit esetében a következő egyenlet fejezi ki:

$$E = \frac{RT^{(1)}}{\mathfrak{F}} ln \frac{f^{(1)}m^{(1)}}{P^{(1)}} - \frac{RT^{(2)}}{\mathfrak{F}} ln \frac{f^{(2)}m^{(2)}}{P^{(2)}} + \varepsilon_{\text{elektrolit}} + \varepsilon_{\text{elektród.}} \quad (d)$$

Miután az átviteli hő természete folytán ugyanaz a hőmérsékletkülönbség különböző töménységű oldatokban ugyanakkora homogén effektust hoz létre, azaz 1 és 2 koncentrációknál fennáll:

$$\left(\frac{d\varepsilon_1}{dT}\right)_0 \simeq \left(\frac{d\varepsilon_2}{dT}\right)_0 \quad (e)$$

lesz

$$\text{tg } \alpha_1 - \text{tg } \alpha_2 = \frac{R}{\mathfrak{F}} ln \frac{f_1 m_1}{f_2 m_2}, \quad (f)$$

tehát a nem izoterm galvánelemek elektromotoros erejének iránytangenseiből az iónaktivitások kiszámíthatók.

Ugyanez a módszer felhasználható a neutrális sóhatás, valamint a nem elektrolithatás tanulmányozására is,

---

(A M. T. Akadémia III. osztályának 1936. nov. 23.-án tartott üléséből.)

BEITRÄGE ZUR THERMODYNAMIK VON NICHT ISOTHERMEN SYSTEMEN.

Von ZOLTÁN SZABÓ. (Szeged.)

Der Zusammenhang zwischen der Thermodynamik von isothermen und nicht isothermen Systemen kann durch die Untersuchung der Änderung der ferien Energie mit der Temperatur gegeben werden. Die Änderung der der freien Energie proportionalen Aktivität ist mit der Änderung des Wärmeinhalts verbunden, diese Wärmemenge ist nichts anderes, als EASTMAN-s Überführungswärme.

Aus Gleichung

$$\frac{\partial\left(\frac{\Delta F}{T}\right)}{\partial T} = -\frac{\Delta H}{T^2}$$

wird

$$\frac{d\,(ln^{a}/_{a'})}{dT} = -\frac{\Delta H}{RT^2} = -\frac{\overline{L}-\overline{L}'}{RT^2}.$$

Mit entsprechendem Normieren erhält man

$$\frac{d\,ln\,a}{dT} = -\frac{\overline{L}}{RT^2} = -\frac{\mathfrak{L}}{RT^2}$$

das Analogon der Gleichung von EASTMAN.

Die hier definierte Überführungswärme $\mathfrak{L}$ ist allgemeiner, als die von EASTMAN eingeführte, denn es wird die Temperaturabhängigkeit des Aktivitätskoeffienten berücksichtigt.

Die Überführungswärme kann auf Ionen oder Molekel bezogen werden.

Durch die letzte Gleichung können die Gesetze des LUDWIG—SORET-Phänomens, des thermoelektrischen Homogeneffektes, der PELTIER-Wärme und der EMK von Thermoketten erklärt werden.

Die EMK einer nicht isothermen Galvanokette bei einer Temperaturdifferenz $T^{(1)} - T^{(2)}$ und im Falle eines binären Elektrolytes wird durch die Gleichung

$$E = \frac{RT^{(1)}}{\mathfrak{F}} ln \frac{f^{(1)}m^{(1)}}{P^{(1)}} - \frac{RT^{(2)}}{\mathfrak{F}} ln \frac{f^{(2)}m^{(2)}}{P^{(2)}} + \varepsilon_{\text{Elektrolyt}} + \varepsilon_{\text{Elektrode}}$$

gegeben.

Zufolge der Natur der Überführungswärme wird von demselben Temperaturunterschied in verschieden konzentrierten Lösungen gleichgrosser Homogeneffekt zustande gebracht, d. h. bei Konzentrationen 1 und 2 gilt es

$$\left(\frac{d\varepsilon_1}{dT}\right)_0 \simeq \left(\frac{d\varepsilon_2}{dT}\right)_0$$

und

$$\operatorname{tg} \alpha_1 - \operatorname{tg} \alpha_2 = \frac{R}{\mathfrak{F}} ln \frac{f_1 m_1}{f_2 m_2}.$$

Aus den Richtungstangenten der EMK von nicht isothermen Galvanoketten kann der Ionenaktivitätskoeffizient berechnet werden. Dasselbe Verfahren kann auch bei Untersuchungen über den Neutralsalzeffekt und Nichtelektrolyteneffekt verwendet werden.

Szeged, Institut für theoretische Physik der Universität.

(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften vom 23. Nov. 1936.)

II. Nem izoterm galvánelemek elektromotoros erőjéről.

SZABÓ ZOLTÁN-tól (Szeged).

A nem izoterm rendszerek termodinamikájának fontossága az utóbbi időkben nagy mértékben megnövekedett. Az e téren végzett elméleti vizsgálatokhoz azonban kisérleti adatok meglehetős csekély számban állottak rendelkezésre.

Még a mult század végén GOCKEL,[1] BOUTY,[2] NERNST,[3] HAGENBACH[4] és RICHARDS[5] végeztek nem izoterm galvánláncokon méréseket, de ezek még kevéssé pontosak voltak. 1930-ban PUTZEYS[6] mérte meg a hidrogén elektród temperaturakoefficiensét, újabban pedig BURIAN[7] az ezüst-ezüstnitrát elektródét. Miután azonban ők egy elektrolitból és fémelektródokból álló termolánc termodinamikáját nem vették figyelembe és a temperaturakoefficienst csak egy nagyobb hőmérsékleti köz átlagaként számították, eredményeik nem exaktak, Nem vették figyelembe a termoelektromos homogéneffektust sem a fémekben, sem az elektrolitben, a mellett mérési pontosságuk is alatta marad a ma elérhető határnak.

Amint az I. közleményemből kitűnik, a nem izoterm galvánelemek vizsgálatának legfontosabb feladata az iónaktivitások meghatározása. Miután a középaktivitási koefficiensek ma már

---

[1] A. GOCKEL: Wied. Ann. **24.** 618. 1885, **40.** 450. 1890, **50.** 696. 1893.
[2] E. BOUTY: J. Physique **9.** 229. 1880.
[3] W. NERNST: Zeitschr. f. phys. Chem. **4.** 169. 1889.
[4] A. HAGENBCAH: Wied. Ann. **53.** 447. 1894, **58.** 21. 1896.
[5] TH. W. RICHARDS: Zeitschr. f. phys. Chem. **24.** 39. 1897.
[6] P. PUTZEYS: Bull. Soc. Chim. Bel. **39.** 454. 1930.
[7] R. BURIAN: Zeitschr. f. Elektrochem. **37.** 238, 1931.

legfeljebb egy százalék hibával meg vannak határozva, arra kell törekednünk, hogy az ionaktivitási koefficiensek is legalább hasonló pontossággal legyenek a mérési adatokból számíthatók. Az alább leírt kísérleteknél a temperaturakoefficiens hibája 1 μV,[1] ami az aktivitási koefficienseknél 1—2% hibát okozhat. Ez a pontosság jelenleg a határesetet jelenti. Egy ilyenfajta méréssel szemben támasztott követeléseket a következőkben foglalhatjuk össze:

Szükséges, hogy az elektródok maguk 1μV-ra állandóak legyenek, a hőmérséklet ingadozása legfeljebb 0·01° C lehet. A mérőberendezésnek olyan érzékenynek kell lennie, hogy az elektromotoros erők a kívánt pontossággal mérhetők legyenek. Mindezen feltételek csak akkor teljesíthetők, ha a mért elektromotoros erő nagyságrendje nem különbözik nagyon a temperaturakoefficiens nagyságrendjétől. [Tehát nem mérhetünk olyan összeállítással, mint BURIAN.] Két azonos elektród közül melegítjük az egyiket és így a mért elektromotoros erő mindjárt a temperaturakoefficienst adja.

Továbbá ügyelnünk kell arra, hogy idegen elektromotoros erők a mérésnél ne játsszanak szerepet. Ilyen elektromotoros erők származhatnak: *a)* az elektród fémanyagában fellépő homogén termoelektromos effektustól, *b)* a fémérintkezések VOLTA és *c)* termoelektromos potenciáljától. *d)* a LUDWIG-SORET effektustól.

ad *a)* és *b)* Ezen potenciálok mindig és kétségtelenül fennállanak, de ugyanazon kísérleti berendezésnél a nekünk szükséges relatív mérésnél kiesnek.

ad *c)* Ha az elektródok elvezetéseit az elektródok anyagából készítjük és a hozzákapcsolásokat már szigorúan ugyanazon a hőmérsékleten tartjuk, akkor a termoelektromos erők kiküszöbölhetők.

ad *d)* Miután a LUDWIG-SORET effektus a koncentrációváltozást diffuzió révén hozza létre, ennek sebessége a hőmérsékleti gradiensen kívül a diffuziós együtthatótól függ. Nyilvánvaló, hogy alkalmas geometriai viszonyok között a hatás minimumra csökkenthető.

---

[1] $\mu V = 0{\cdot}001$ milli-Volt.

MAC INNES és BROWN [1] dolgoztak ezüst-ezüstkloridelektróddal és 0·001 mV pontossággal mértek. Miután azonban a 0·01 mV értékek között is van eltérés, ez arra mutat, hogy a kísérleti összeállítás miatt az elektródok nem eléggé reprodukálhatók. Valószínűnek látszott, hogy célszerűbben megszerkesztett elektródedényben és bizonyos elvek szem előtt tartásával készített ezüst-ezüstkloridelektródok a fenti követelményeknek meg fognak felelni.

A nagy precizitású ezüst-elektródok elkészítésénél megtartandó elveket a következőkben foglalhatom össze:

Az elektród alapanyaga csak ezüstoxidból hevítéssel előállított ezüst lehet, melyet tiszta, híg sósavban klórozunk. Az elektródfolyadék csak gondosan, kétszer desztillált vízből készíthető és kigőzölt üvegen kívül más anyaggal nem juthat érintkezésbe. A potenciál végleges beállása előtt még a fenti módon készített elektród és a leggondosabban tisztított elektródedény is a levegő kizárása mellett, oxigénmentesített elektrolittal többször átöblítendő. Ez fontos folyamat. Ha egy elektród potenciálja használat közben ingadozna, alapos átöblítéssel rendszerint segíthetünk rajta.

A használt elektródedény az 1. rajzon látható. A *G* edénybe csiszolattal kerül a *H* pyrexüvegből készült dugó. Ezen pyrexdugó végén 0·3 mm átmérőjű platinaspirális van beforrasztva, melyet kristályosított kálium-ezüstcianidból készült oldatban beezüstözünk. (Az oldat töménysége 1%.) Az áramerősség 0·2—0·3 mA és az elektrolizis 2—3 óráig tart. A beezüstözött elektródot 48 óráig kétszerdesztillált vízben mossuk.

Utánna a spirálist pro analysi anyagokból készült ezüstoxidpépbe mártjuk és elektromos kályhában 6 órán át 450—480° C-on hevítjük. A spirálist csak hideg kályhába tehetjük és csak kihülés után vehetjük ki.

Amennyiben a redukált ezüst nem fedte volna be teljesen a spirálist, újabb pépréteggel a hevítést megismételjük. Az így elkészült ezüstelektródot 0·1 moláris sósav-oldatban félórán át

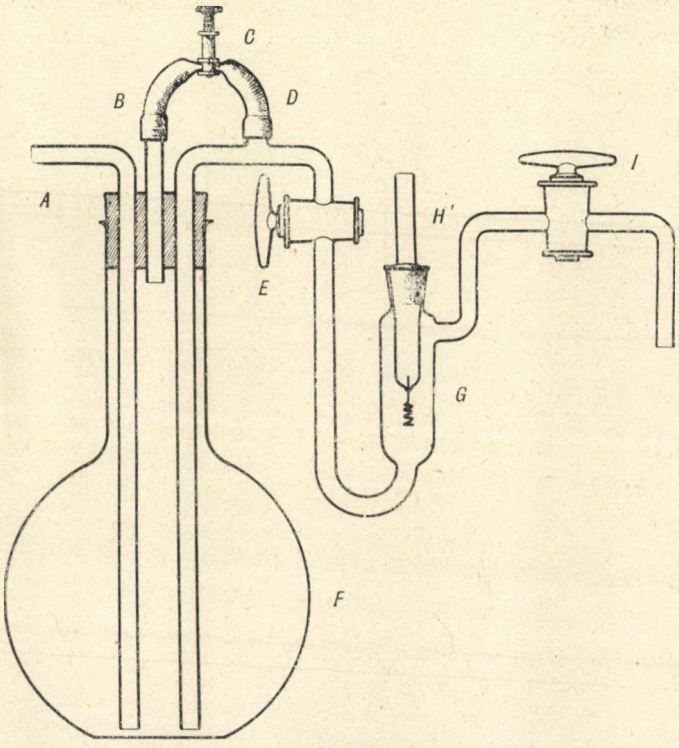
---

[1] MAC INNES és A. S. BROWN: Journ. Amer. Chem. Soc. **57**. 1356. 1935.

0·5 mA áramerősséggel klórozzuk és klórozás után mindjárt a *G* edény csiszolatába helyezzük. A csiszolat felső részét tiszta parafinnal tömítjük.

Az elektród megtöltése a következőképpen történik:

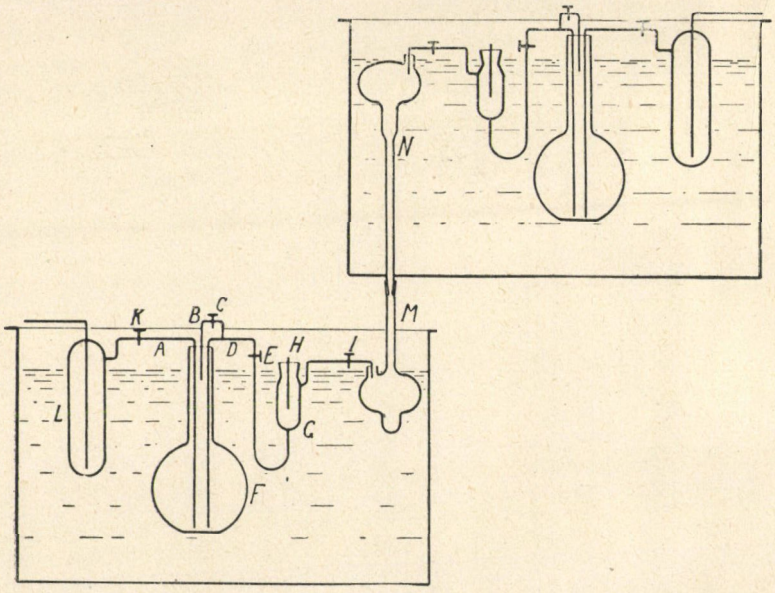
A *C*, *E* és *I* csapokat kinyitjuk és az *F* lombikban levő elektródfolyadékon kb. $^1/_2$—$^3/_4$ órán át tisztított nitrogént bubo-



1. ábra.

rékoltatunk keresztül. Ekkor a *C* szorítót elzárjuk, addig, míg a folyadék a *G* edényt meg nem töltötte. Ekkor *C*-t nyitjuk és 5 percig újabb gázáramot bocsájtunk a készüléken keresztül. Ezt az eljárást, az öblítést, 4—5-ször megismételjük, míg a mosó folyadék kb. 300—400 kcm-t tesz ki. Az utolsó töltésnél előbb az *I*-t, aztán az *E*-t zárjuk, majd a *C*-t nyitjuk. A gázáramot a *K* csapnál elzárjuk.

Az így elkészült elektród potenciálja még változik. Ezért másnap az egész mosási folyamatot megismételjük, de ekkor már 3 mosás elegendő. Az elektród potenciálja harmadnapra állandósul, legfeljebb 2—3 μV-t változik. Újra hangsúlyoznom kell, hogy a potenciál állandósága az oldat tisztaságától függ, idegen anyagok, különösen organikus vegyületek azonnal erősen megváltoztatják a potenciált. Az E és I csapok ezért nincsenek zsirozva. Méréskor az I csap kinyitandó.



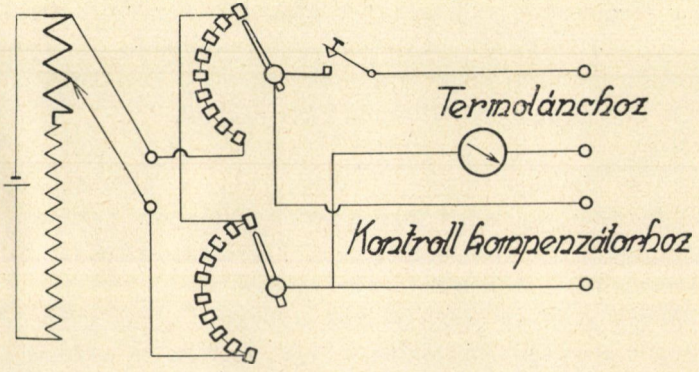
2. ábra.

A G elektródedényt az F lombik nyakához fémlemezből készült tartók merevitik és az egész rendszert a lombik nyakánál fogva merítjük a termosztátba.

A lánc másik elektródját hasonlóképen készítjük el és a 2. rajzon vázlatosan ábrázolt ikertermosztátokba elhelyezzük. Az összeköttetést az $M-N$ függőleges üvegcső képezi. A cső két végén levő gömbök, valamint a cső aránylag szűk (6 mm) belvilága a LUDWIG-SORET effektus kifejlődését vannak hivatva megakadályozni.

A kb. 60 literes termosztátok közös alapon, vasállványra vannak szerelve és elektromos fűtéssel bírnak. A hőmérsékletük kb. 0·01° C-ra állandó. Mindig a felső termosztát volt a magasabb hőmérsékletű. A vonatkozási hőmérséklet mindig 25·00° C volt.

A magasabb hőmérsékletű elektród elvezetése egy alkalmasan meghajlított üvegcsőben az alsó termosztátban végződött. Itt kapcsolódott be a kompenzátor vezetéke. Mindkét elektród vége ugyanazon hőmérsékleten érintkezett a külső vezetékkel és így a fém-termopotenciálok kiküszöbölhetők voltak.



3. ábra.

A mérőberendezés, 15,000 Ω-os FEUSSNER-kompenzátor, 10^{-10} A érzékenységű galvanométerrel, ugyanaz volt, melyet már előző kísérleteimnél is alkalmaztam. Igen híg sósav esetében, mikor a lánc belső ellenállása igen megnövekedett, az aránylag kis belső ellenállású kompenzátor nem volt használható.

Ekkor a termolánc elektromotoros erejét egy $9\times100+10\times10$ Ω ellenállású feszültségosztó karjaira vittem át (3. rajz) és a karokat úgy állítottam be, hogy a billentyű lenyomásakor a galvanométer ne mutasson kitérést. A feszültségosztó végeire körülbelül 0·3—0·4 mV potenciált adtam. A termolánc kompenzálása után a feszültségosztó karjain levő elektromotoros erőt a fenti kompenzátorral lemértem. Így a híg oldatú elektródok polarizálódása elkerülhető volt.

A mérés menete a következő volt:

Az elektródokat mindig 25° C-on készítettem és ekkor megmértem a közöttük esetleg mutatkozó potenciálkülönbséget. Ez korrekcióértékül szolgált a következő nem izoterm lánc méréséhez. A melegítés új fűtőtest bekapcsolásával és a toluolos regulátor átállításával történt. A melegítés olyan lassú volt, hogy a hőmérséklet kb. 10 perc alatt változott egy fokot. Bár a potenciál a hőmérséklet beállása után negyedórával később szintén állandósult, mindig legalább egy óráig mértem egy-egy hőmérsékleten. Ez alatt az elektromotoros erő legfeljebb néhány μV-t ingadozott. Egy-egy hőmérséklethez tartozó mérések befejezése után a termosztát hőmérsékletét újra 25° C-ra állítottam be, hogy ellenőrizzem az elektródok reverzibilitását. Az izotermlánc elektromotoros erejét újra észleltem és a következő mérésnél ezt az értéket használtam fel korrekcióul.

Hogy ez a korrekcióérték figyelembevétele szükséges és lehetséges, többek között az is mutatja, hogy a különböző mérési sorozatoknál ugyanazon hőmérséklethez különböző észlelési értékeket kaptam, amelyek a megfelelő korrekciós értékkel helyesbítve ugyanazt a korrigált értéket szolgáltatták.

Voltak azonban olyan mérési sorozatok is, melyeknél több hőmérséklethez tartozó elektromos erőt mértem le egymás után. Ennek az eljárásnak a mérések gyorsitásán kívül az is célja volt, hogy tájékozódjam az esetleges hiszterézisről. Hiszterézis kétféle okból lehetséges: az elektródpotenciál beállása olyan lassú, hogy azt alacsonyabb vagy magasabb hőmérséklet felől megközelítve nem ugyanazt az értéket kapjuk, másik oka pedig a LUDWIG-SORET effektus kifejlődése. Miután több ilyen kísérletnél a hiszterézisnek nyomát sem találtam, mert a mért értékek $1-2\mu$ V-on belül egyeztek, nyilvánvaló, hogy a fenti módon készített ezüstelektród rendkívül gyorsan beáll és a használt berendezésben a LUDWIG-SORET effektus nem jöhet létre.

Kísérleteimnél a vonatkozási hőmérseklet 25° C volt. Ugyanezen a hőmérsékleten volt a kompenzátor bekötése is. A laboratorium és a kompenzátor hőmérséklete 19—24° C között ingadozott. Az a tény, hogy különböző kompenzátor hőmérsékleteken mérve a kísérleti hibahatáron belül ugyanazokat

az értékeket kaptam, mutatja, hogy a rendszernek az idegen termoáramoktól való mentesítése kielégitően sikerült.

A mérések eredményei a következő táblázatban vannak összefoglalva:

Hőfok	0·01439 mol	0·1622 mol	1·2710 mol	3·8205 mol
20° C		+ 467 μV	— 207 μV	— 373 μV
21 «		+ 365 »	— 164 «	— 308 »
22 «	+ 740 μV	+ 265 «	— 128 «	— 229 »
23 «	+ 520 «	+ 167 «	— 94 «	— 153 «
24 «	+ 270 «	+ 83 «	— 47 «	— 78 «
25 «	0 «	0 «	0 «	0 «
26 «	— 270 «	— 73 «	+ 49 «	+ 86 «
27 «	— 520 »	— 159 «	+ 101 «	+ 171 «
28 «	— 710 «	— 215 «	+ 143 «	+ 265 «
29 «		— 276 «	+ 195 «	+ 355 «
30 «		— 331 «	+ 246 «	+ 457 «
31 «		— 410 «		+ 656 «
32 «		— 460 «	+ 379 «	
35 «		— 617 «	+ 609 «	
tgα	— 270μV/fok	— 77 μV/fok	+ 46μV/fok	+ 80μV/fok

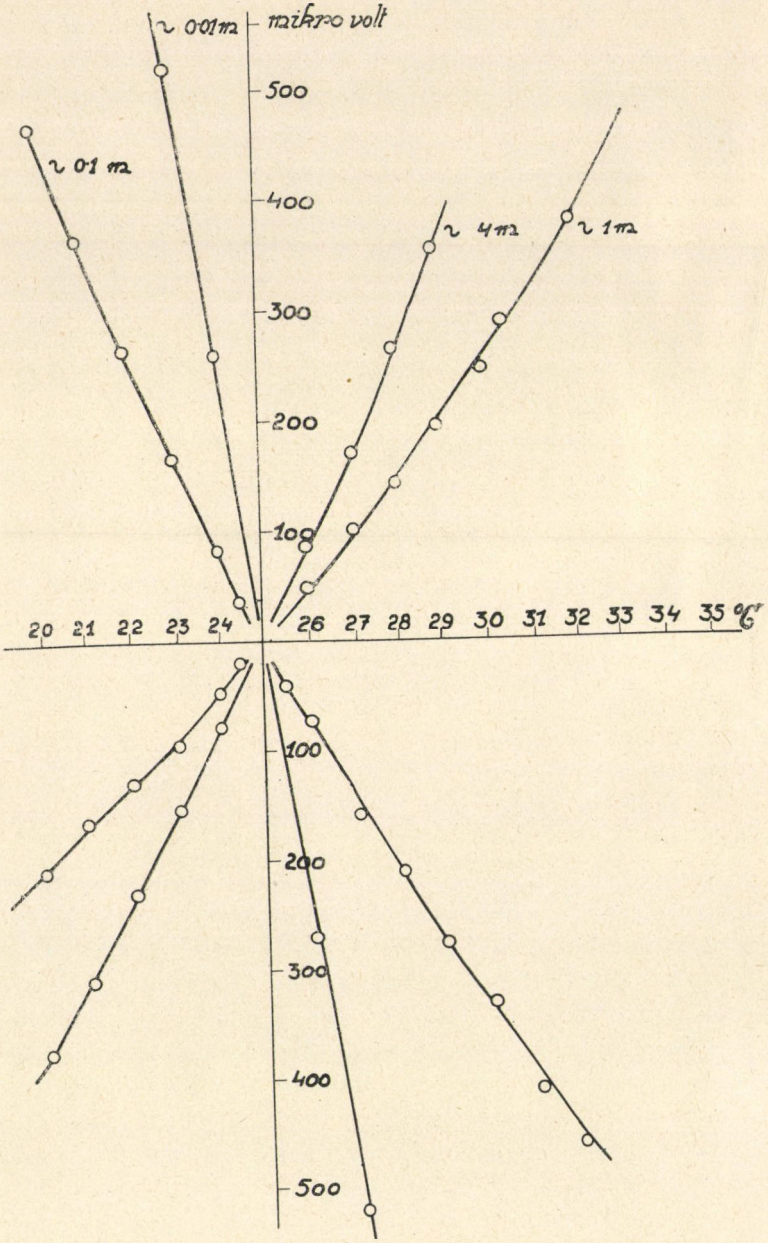
Mindenik érték legalább 2—3 mérési sorozat eredményeinek középértéke.

A táblázat eredményei grafikusan a 4. rajzon vannak ábrázolva:

Szembetűnő, hogy a termoelektromos erő nem lineáris függvénye a hőmérsékletnek, továbbá, hogy az előjele a koncentrációtól függ.

A görbékből a 25° C-hoz tartozó temperaturakoefficiens kiértékelése grafikus uton történt. Ha a temperaturakoefficienst, mint a koncentráció logaritmusának függvényét ábrázoljuk, akkor egy kis hajlású görbét kapunk, mely kb. 0·5 mol koncentrációnál metszi az abszcisszatengelyt.

Az eredmények pontosságára vonatkozólag meg kell jegyeznem, hogy miután az egyes észlelések maximális hibája 3—4 μV, az egyes elektromotoros erők valószinű hibája ennek körülbelül a fele, 1 — 2 μV, tehát a grafikusan nyert temperaturakoefficiens


~ 0·01 m
mikro-o volt
500
~ 0·1 m
400
~ 4 m
~ 1 m
300
200
100
20 21 22 23 24
26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 °C
100
200
300
400
500

4. ábra.

értékek valószínű hibája nem haladja meg az 1 μV-ot. Ezáltal pedig a bevezetésben említett, az aktivitási koefficiensek kiértékeléséhez szükséges pontosság el van érve.

Ma ezzel az eredménnyel meg lehetünk elégedve, mert a pontosság további fokozása nemcsak az elektródok megszerkesztésénél, hanem ugy a termosztát, mint a mérőberendezés megépítésénél az eddigiektől eltérő elvek és műszertípusok alkalmazását tenné szükségessé. Kétséges azonban, hogy az elektrokémia mai fejlettségi fokán mindezek a körülmények biztosítani tudnák-e a jelenlegieknél jobb eredményt.

Összefoglalás.

Miután az elektrolitos termoelektromos erők nagyságrendje kisebb, mint egy millivolt, a méréséhez legalább 0·001 mV-ra állandó elektródok szükségesek. Megfelelő előkészítéssel ilyen elektródnak bizonyult az ezüst-ezüstkloridelektród. Ennek az alapanyaga ezüstoxidból hevítéssel redukált ezüst. A potenciál állandóságára nagy befolyással van, ha a klórozott elektródot oxigénmentes elektrolittal többször átöblítjük.

A mérések szerint a termoelektromos erő a hőmérsékletnek nem lineáris függvénye és az előjele a koncentrációtól függ. A temperaturakoefficiensek értéke 0·01, 0·1, 1·0 és 4·0 moláris sósav-oldatokban rendre —290, —115, 36 és 81 μV/fok.

(A M. T. Akadémia III. osztályának 1936. nov. 23-án tartott üléséből.)

ÜBER DIE ELEKTROMOTORISCHE KRAFT VON NICHT ISOTHERMEN GALVANOKETTEN.

Von ZOLTÁN SZABÓ.

Das Ziel der Arbeit war die genaue Messung der EMK von elektrolytischen Thermoketten. Da die Grössenordnung dieser EMK annähernd 1 mV beträgt, muss man auf 0·001 mV konstanten Elektrode anwenden. Die Silber-Silberchlorid-Elektrode erwies sich mit entsprechender Vorbereitung dazu geeignet. Das Silber wurde aus Silberoxyd dur Erhitzen reduziert. Die Beständigkeit der Elektrode wird sehr begünstigt, wenn man die chlorierte Elektrode mit sauerstoffreier Elektrolytlösung mehrmals umspült. Daneben wurden die Bedingungen der richtigen Messung, die Vermeidung von fremden elektromotorischen Kräften näher diskutiert. Die EMK der nicht isothermen Galvanoketten wurde in ungefähr 0·01, 0·1, 1·0 und 4 molaren Salzsäurelösungen und zwar in einem Temperaturbereich von 20° bis zu 35° C gegen eine Bezugselektrode von 25° C gemessen. Nach den Messungen ist die EMK dieser Thermokette keine lineare Funktion der Temperatur und ihr Vorzeichen hängt von der Elektrolytkonzentration. Aus diesen Daten wurden die Temperaturkoeffizienten bei 25° C grapisch ermittelt. Sie betragen bei runden 0·01, 0·1, 1·0 und 4 molaren Konzentrationen −299, −115, 36 und 81 μV/Grad.

Szeged, Theoretisch-physikalisches Institut der Universität.

(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften vom 23. Nov. 1936.)

III. Iónok termodinamikája töményoldatban.

SZABÓ ZOLTAN-tól (Szeged).

Amint az I. közleményemben kimutattam, a sósav iónjainak aktivitási koefficiense és a nem izoterm galvánlánc elektromotoros ereje érintőjének hajlása között a következő összefüggés áll fenn:

$$tg\alpha_1 = \frac{R}{F} \log \frac{f_1 m_1}{P} + \left(\frac{d\varepsilon_1}{dT}\right)_0 + \left(\frac{d\varepsilon \text{ elektród}}{dT}\right)_0 \qquad (1)$$

m_1 koncentrációnál. Egy másik m_2 koncentrációnál lesz

$$tg\alpha_2 = \frac{R}{F} \log \frac{f_2 m_2}{P} + \left(\frac{d\varepsilon_2}{dT}\right)_0 + \left(\frac{d\varepsilon \text{ elektród}}{dT}\right)_0 \qquad (2)$$

vagy miután

$$\left(\frac{d\varepsilon_1}{dT}\right)_0 \simeq \left(\frac{d\varepsilon_2}{dT}\right)_0 \qquad (3)$$

lesz

$$tg\alpha_1 - tg\alpha_2 = \frac{R}{F} \log \frac{f_1 m_1}{f_2 m_2} = \frac{\Delta\varphi}{T}. \qquad (4)$$

A kísérleti adatok felhasználásával kiszámítottam a $(tg\alpha_1 - tg\alpha_2)\,T$ értékét, ami az elektródpotenciálok tiszta, a diffuziópotenciáltól mentes értékét adja meg. Miután egy régebbi dolgozatomból[1] nyilvánvaló, hogy a sósav iónaktivitási koefficiensei 0·2 molaritásig egyenlők, méréseimet úgy rendeztem be, hogy az egyik koncentráció körülbelül 0·1 mol legyen, amikor $f_1 = \gamma_1$ és így f_2 kiszámítható.

---

[1] SZABÓ Z.: Mat. Term. Tud. Értesítő. LIII. 757. 1935.

A mérések és számítások eredményét a következő táblázat adja:

I. Táblázat.

Koncentráció *mol*	$\Delta\varphi$ *mv*	E *mv*	ε *mv*	γ	f'	f
0·01439	57·50	97·05	39·55	0·8902	0·930 ± 0·05	0·930 ± 0·05
0·1622	—	—	—	0·7736	0·7736	0·7736
1·2710	36·65	101·95	65·30	0·8520	0·4112 ± 0·01	2·072 ± 0·01
3·8205	46·78	167·93	121·15	1·663	0·1947 ± 0·01	8·541 ± 0·01

$\Delta\varphi$ jelenti az elektródpotenciálok különbségét, E az átvitellel bíró lánc elektromotoros erejét, $\varepsilon = E - \Delta\varphi$ a diffuziós potenciál, γ a középaktivitási koefficiens,[1] f' a klórión, f a hidrogénión aktivitási koefficiense.

Megjegyzendő, hogy az a feltétel $f = \gamma$ a körülbel 0·01 moláris oldatnál is teljesül, de itt a lánc nagy belső ellenállása miatt a kisérleti hiba körülbelül ötszöröse az egyéb adatok hibájának.

Éppen ezért a diffuziós potenciál értéke 0·01—0·1 mol között megfelel annak a lineáris törvénynek, melyet egy régebbi dolgozatomban leírtam. (Számított: 38·37 mV, talált: 39·5 ± 1·5 mV). (1) Nagyobb koncentrációk felé ez a lineáritás megszűnik és a diffuziós potenciál igen meredeken emelkedik. Kérdés, hogy ez a viselkedés miképpen értelmezhető.

J. J. HERMANS[2] egyik dolgozatában a diffuziós potenciál ámításánál figyelembe vette az interión erők hatását is. Ezen az alapon a következő egyenletet vezette le:

$$\varepsilon = \text{konst} - \frac{\frac{l_1}{|z_1|} - \frac{l_2}{|z_2|}}{l_1 + l_2} \frac{kT}{e} \left\{ \ln c - \frac{l_1|z_1| - l_2|z_2|}{l_1/|z_1| - l_2/|z_1|} \frac{e^2 \varkappa}{2DkT} + \right.$$
$$\left. + \frac{|z_1| + |z_2|}{l_1 + l_2} \frac{15{\cdot}3.10^{-8}}{3\pi\eta} x \right\} \qquad (5)$$

[1] H. S. HARNED és R. W. EHLERS: Journ. Amer. Chem. Soc. **55**. 2179. 1933.

[2] J. J. HERMANS: Zeitschr. f. phys. Chem, A. **176**. 55. 1936.

Melyből ő a sósav esetében a következő határtörvényt számítja:

$$\varepsilon = \text{konst} - 37{\cdot}92 \left\{ \log c - 0{\cdot}383 \sqrt{c} \right\} \tag{6}$$

Ezen egyenlet érvényességi határával már más helyen foglalkoztam.[1] Megállapítottam, hogy ez az egyenlet, mint ahogy az a DEBEY-HÜCKEL elmélet alapján várható volt, legfeljebb 0·02 moláris koncentrációig alkalmazható.

Ezen korlátolt érvényességű alkalmazás oka abban rejlik, hogy a DEBYE-HÜCKEL-féle elgondolások csak első közelítésben szerepelnek a sósavra vonatkozó egyenlet kiszámításánál. Az egyenletben szereplő értékek a

$$\frac{8\pi e^2 n}{DkT} = \varkappa$$

egyenlet alapján vannak figyelembe véve.

Jobb megegyezés várható, ha a DEBYE-HÜCKEL elmélet második közelítését is, mely az iónátmérők figyelembevételében áll, alkalmazzuk. Ekkor $\varkappa$ helyett mindenkor

$$\frac{\varkappa}{1+a\varkappa}$$

helyettesítendő be és az aktivitási koefficiens értéke

$$-\log f = \frac{e^2}{2DkT} \frac{\varkappa}{1+a\varkappa} = 0{\cdot}504 \sqrt{c} \frac{1}{1+1{\cdot}109 \sqrt{c}} \tag{7}$$

lesz, ha az iónátmérőt $a = 3{\cdot}38$-nak vesszük.

Harmadik közelítésnek vehető a HÜCKEL-féle egyenlet[2] alkalmazása, mikor egy, a dielektromos állandó változását jellemző, a koncentrációban lineáris tag is szerepel.

Természetesen még ez a közelítés sem mondható pontosnak, különösen nagy koncentrációk felé. Általában ezen bővített HERMANS-féle egyenlet érvényessége sem terjed tovább az eredeti, az aktivitási koefficiensekre vonatkozó egyenletek érvényességi határán túl. Közbe játszik még az a körülmény is, hogy szerepel benne egy, a belső súrlódással arányos tag is. Miután itt a

---

[1] Z. SZABÓ: Zeitschr. f. phys. Chem. A. **176**. 125. 1936.

[2] E. HÜCKEL: Phys. Zeitschr. **26**. 93. 1925.

viszonyok még meglehetősen tisztázatlanok, ez időszerint nem sok értelme volna a GRONWALL, LA MER és SANDVED elmélete által nyujtott negyedik közelítés figyelembevételének.

A második és harmadik közelítés egyenletei lesznek tehát:

$$\text{II. köz. } \varepsilon = \text{konst} - 37{\cdot}92\left\{\log c - \frac{0{\cdot}383\sqrt{c}}{1+1.109\sqrt{c}}\right\} \quad (8)$$

$$\text{III. köz. } \varepsilon = \text{konst} - 37.92\left\{\log c - \frac{0{\cdot}383.\sqrt{c}}{1+1.109\sqrt{c}} + 0{\cdot}162c\right\} \quad (9)$$

Az egyes közelítésekkel számított, valamint a lineáris összefüggés alapján nyert, végül nagy koncentrációknál kísérletileg mért diffuziós potenciál értékeket a következő táblázat tartalmazza:

II. Táblázat.

Koncentráció *mol*	I. köz. *Hermans* *m* V	II. köz. *Szabó* *m* V	III. köz. *Szabó* *m* V	Lineáris törv. *Szabó* *m* V	Kis. talált *Termolánc* *m* V
1·00	62·77	69·30	75·38	—	95·7
0·50	55·61	59·16	62·17	62·51	72·3
0·20	44·28	45·68	46·85	47·86	47·7
0·10	34·79	35·37	35·92	36·79	36·8
0·05	24·71	24·93	25·18	25·72	—
0·02	10·81	10·84	10·90	11·08	—
0·01	*Vonatkozási koncentráció.*				
0·005	—10·99	—11·00	—11·03	—11·08	—
0·002	—25·71	—25·75	—25·80	—25·72	—
0·001	—36·93	—37·00	—37·05	—36·79	—

Látjuk, hogy a III. közelítés jó egyezésben van a tapasztalati lineáris törvényből számított, valamint 0·2 mol alatt a kísérletileg talált értékkel. Miután a HÜCKEL-féle egyenlet érvényességi határa is eddig terjed, nagyobb koncentrációknál nem is várható jobb egyezés.

*

Az iónaktivitások, illetve a diffuziós potenciál fentebb vázolt kiértékelésénél feltettük, hogy a termoelektromos diffuziós potenciál igen kicsi és főképpen azt, hogy a különböző töménységű oldatokban a temperaturakoefficiense nagy megközelítésben egyenlő. Kérdés mekkora hibát követtünk el ezzel?

Az egyes iónokra vonatkozó átviteli hőket a szükséges termodinamikai adatok hiányában jelenleg még elméletileg kiszámítani nem tudjuk, kísérleti adatok pedig EASTMAN[1]-nél csak nagyon hiányosan találhatók.

Az átviteli hőknek az eredményre való hatása célszerűen vizsgálható, ha a temperaturakoefficienst, mint a koncentráció logaritmusának függvényét vizsgáljuk. Hogy adatainkat egyéb irodalmi adatokkal, a kalorimetrikusan nyert elektrolites PELTIER-hőkkel összehasonlíthassuk, a nem izoterm galvánláncunk temperaturakoefficienseit számoljuk át kaloriákra.

Az elektrolites PELTIER-hőkre vonatkozólag LANGE és HESSE[2 3] végeztek igen pontos kalorimetrikus méréseket. Az ő méréseikből választottuk ki az *Ag/AgCl, HCl* elektródokon mért PELTIER-hőket.

A számítás eredményét a következő táblázat mutatja:

III. Táblázat.

Koncentráció *mol*	Temperaturakoeff. tg α *(Szabó)*	*Peltier*-hő F. T. tg α	*Peltier*-hő Kalorimetrikusan *(Lange és Hesse)*
0·0094	305 V fok	2·09 Kcal.	2·03 $\pm$ 0·02 Kcal.
0·01439	270 «	1·955 «	—
0·0188	248 «	1·71 «	1·84 $\pm$ 0·01 «
0·05	170 «	1·165 «	1·23 $\pm$ 0·01 «
0·10	115 «	0·800 «	0·91 $\pm$ 0·01 «
0·1622	77 «	0·530 «	—
1·271	— 46 «	— 0·420 «	—
3·8205	— 80 «	— 0·54 «	—

[1] E. D. EASTMAN: Journ. Amer. Chem. Soc. **50.** 283,. 292. 1928.
[2] E. LANGE és TH. HESSE: Zeitschr. f. Elektrochem. **38.** 428. 1932.
[3] E. LANGE és TH. HESSE: Zeitschr. f. Elektrochem. **39.** 374. 1933.

A nem izoterm galvánelem elektromotoros erőjének temperaturakoefficiense, valamint az elektrolitos PELTIER-hő között a következő összefüggés áll fenn:

$$\Pi = F.T.\frac{d\Delta\varphi}{dT} + \mathfrak{L}_\theta - n_k\mathfrak{L}_k + n_a\mathfrak{L}_a \qquad (10)$$

hol $\mathfrak{L}_\theta$ az elektronok átviteli hője, $\mathfrak{L}_k$ és $\mathfrak{L}_a$ a kation és anion átviteli hője, n_k és n_a ezek átviteli számai.

Miután

$$\Delta\varphi = \Delta\varphi_0 + \frac{RT}{F} ln\, a \qquad (11)$$

lesz

$$\Pi = F.T.\frac{d\Delta\varphi_0}{dT} + RT\, ln\, a + RT^2\frac{d\, ln\, a}{dT} + \mathfrak{L}_\theta - n_a\mathfrak{L}_k + n_a\mathfrak{L}_a \qquad (12)$$

A koncentrációfüggést kapjuk, ha ezt $\log m$ szerint differenciáljuk:

$$\frac{\Pi d}{d\log m} = RT.2{\cdot}303 + RT.\frac{d\log f}{d\log m} + \qquad (13)$$

$$\text{I.} \qquad \text{II.}$$

$$+ RT^2.\frac{d^2\log a}{dT.d\log m} + \frac{d}{d\log m}(-n_k\mathfrak{L}_k + n_a\mathfrak{L}_a).$$

$$\text{III.} \qquad \text{IV.}$$

Ideális oldatnál, elsőfajú elektródok esetében csak az

$$RT.2{\cdot}303 + \frac{d}{d\log m}(-n_k\mathfrak{L}_k + n_a\mathfrak{L}_a)$$

tagok maradnak meg. Első közelítésben, mikor az átviteli hők koncentráció függését elhanyagoljuk, a PELTIER-hők koncentrációfüggése 1·36 Kcal.-nak adódik.

A fenti kísérleti adatok, mint a $\log m$ függvénye ábrázolva 0·2 molaritásig egyenest adnak, melynek hajlása 1·28 Kcal.

Ezt az eltérést okozhatják a II. és III. tagok együttesen, vagy a IV. tag, vagy mind a három egyszerre.

Ha figyelembevesszük a II. és III. tagokat és elhanyagoljuk a IV.-et, azaz a PELTIER-hő egyenletét log m helyett log a szerint differenciáljuk és a kísérleti értékeket, mint a középaktivitás logaritmusának függvényét rakjuk fel, akkor ugyancsak 0·2 molaritásig egyenest kapunk, melynek hajlása 1·36 Kcal.

Látjuk tehát, hogy a 0·2 moláris oldatig a IV. tag értéke zérus.

Hogy a 0·2 moláris koncentráció fölött a hajlást a II. és III. tag, vagy a IV. tag okozza, tehát hogy az iónaktivitási koefficiens tér-e el a középaktivitási koefficienstől, vagy pedig a IV. tag is érvényesül, az kísérletileg dönthető el. Erre vonatkozólag igen értékes adatokat szolgáltattak LANGE és HESSE, (7) mikor az ezüst-ezüstnitrát-elektródon mérték a PELTIER-hőt különböző mennyiségű káliumnitrát jelenlétében.

Ekkor a totális ionális koncentráció különböző ezüst koncentrációk mellett is állandó marad, aminek következtében felvehető, hogy az ezüst iónaktivitási koefficiense is nagy mértékben azonos marad. Ebben az esetben pedig a PELTIER-hők, ha az átviteli hők koncentrációfüggetlenek, mint az ezüst-koncentráció logaritmusának függvénye is 1·36 Kcal. hajlású egyenesre kell, hogy essenek.

Ezt az elméleti követelményt a kísérleti adatok a legnagyobb pontossággal igazolták, Úgy a 0·1, mint az 1 moláris káliumnitrátkoncentrációnál a mérési adatok 1·36 Kcal. hajlású egyenesen vannak, az utóbbi koncentrációra vonatkozók mintegy 300 kalóriával a 0·1 molárisra vonatkozók felett.

Ez az eltolódás sem az átviteli hők hatásának következménye, mert az ezüstión aktivitásának a káliumnitrát koncentrációval való megváltozásával megmagyarázható. Ugyanis (12) egyenletünkből a 0·1 és 1·0 moláris káliumnitrát esetében ugyanazon ezüstkoncentrációknál:

$$\Pi_{0\cdot1}-\Pi_{1\cdot0}=RT\ ln\ \frac{f_{0\cdot1}}{f_{1\cdot0}}+RT^2\ \frac{d\ ln\ \frac{f_{0\cdot1}}{f_{1\cdot0}}}{dT} \qquad (14)$$

egyenletet nyerjük. Ebbe az irodalmi adatokat, (a második tag helyébe a vele összefüggő higítási hőket) téve —300 cal.-t kapunk, ami a kísérletileg talált értékkel jól egyezik. Ez az egyezés annál jelentősebb, mert mind olyan adatra támaszkodik, melyek az átviteli hőtől függetlenek.

Mindezen elgondolások a mellett szólnak, hogy az átviteli hők a koncentrációtól nagy mértékben függetlenek.

Igen jó közelítést kapunk tehát, ha a PELTIER-hőknek a 0·2 moláris oldat feletti elhajlását az egyenestől a közép- és az iónaktivitási koefficiensek közötti különbségre vezetjük vissza. Ezzel egyenértékű az az előző feltevésünk, hogy a termoelektromos diffuziós potenciálnak a 25° C-ra vonatkozó temperaturakoefficiense a nyert eredményeinket nem befolyásolja.

Abból, hogy az átviteli hők a koncentrációtól nagy mértékben függetlenek, még inkább következik, hogy a temperaturafüggésük különböző koncentrációknál ugyanaz. E mellett bizonyít az a kísérleti tapasztalat is, hogy az átviteli hőkkel eddig ugyan még kiderítetlen összefüggésben levő átviteli számok, illetve az ezzel összefüggő vezetőképességek temperaturakoefficiensei is nagy mértékben koncentrációfüggetlenek.

Miután az ionaktivitások kiszámításánál ezzel a koncentrációtól független átviteli hőkkel arányos termoelektromos homogéneffektus temperaturakoefficiense szerepel, indokolt az a feltevésünk, hogy

$$\left(\frac{d\varepsilon_1}{dT}\right)_0 \simeq \left(\frac{d\varepsilon_2}{dT}\right)_0 . \qquad (3)$$

Hangsúlyozni kívánom, hogy az iónaktivitások fentebb vázolt kiszámítása nem alapul termodinamikailag zárt formulákon, hanem csak termodinamikai megközelítése a problémának, de nagyon jó megközelítése, mely a valóságtól nem sokat tér el és melyet eddig semmiféle más módszerrel nem sikerült elérni. Ebben az esetben a kísérleti eredmények után haladó elméleti fejtegetések pedig, ha jelenleg még csak kis koncentrációknál is, de a kísérleti adatokkal egyező eredményekre jutottak, nagyobb koncentrációk felé pedig a valószínű értékei jól megközelítik a tapasztalat adatait.

Végeredményben a sósav iónaktivitási koefficienseinek, valamint a megfelelő középaktivitási koefficienseknek (ez utóbbiaknak HARNED és EHLERS adatai alapján) interpolált értékei a következő táblázatban vannak összefoglalva:

IV. Táblázat.

Koncentráció *mol*	f_H	γ	f_{Cl}
0·01	0·9086	0·9086	0·9086
0·02	0·8722	0·8722	0·8722
0·05	0·8269	0·8269	0·8269
0·1	0·797	0·7943	0·791
0·2	0·777	0·7621	0·748
0·5	0·946	0·7560	0·604
1·0	1·42	0·8116	0·467
2·0	3·23	1·011	0·316
4·0	17·3	1·803	0·188

Összefoglalás.

A nem izoterm galvánláncok elektromotoros erőjének temperaturakoefficiense ($tg\alpha$) és az iónaktivitási koefficiensek (f) között a következő összefüggés áll fenn:

$$tg\alpha_1 - tg\alpha_2 = \frac{R}{F} \log \frac{f_1 m_1}{f_2 m_2}.$$

Az elektrolitos termoláncokon mért adatokból tehát kiszámíthatók az iónaktivitások és ezek segélyével a diffuziós potenciálok tetszésszerinti nagy koncentrációkig.

A számítások azt mutatták, hogy

a) sósavnál a nagyobb koncentrációknál a hidrogénion aktivitása sokkal erősebben nő, mint a klórion aktivitása.

b) a sósav-sósav diffuziós potenciál, mint a koncentráció logaritmusának függvénye 0·2 molaritásig lineáris, onnan erősen emelkedik.

0·2 molaritásig a diffuziós potenciál kísérleti értékeit jól visszaadja a következő bővített HERMANS-féle egyenlet:

$$\varepsilon = \text{konst} - 37{\cdot}92\left\{\log c - \frac{0{\cdot}383\sqrt{c}}{1+1{\cdot}109\sqrt{c}} + 0{\cdot}162\,c\right\}$$

LANGE és HESSE kísérleti adatai alapján kimutatható, hogy az átviteli hők koncentrációfüggése elhanyagolhatóan csekély. Ugyanez áll az átviteli hők temperaturakoefficiensének koncentrációfüggésére is.

(A M. T. Akadémia III. osztályának 1936. nov. 23.-án tartott üléséből.)

ÜBER DIE THERMODYNAMIK DER IONEN IN KONZENTRIERTEN LÖSUNGEN.

Von Zoltán Szabó.

Zwischen dem Temperaturkoeffizienten der EMK von nicht isothermen Galvanoketten und dem Ionenaktivitätskoeffizienten gilt die folgende Beziehung:

$$tg\alpha_1 - tg\alpha_2 = \frac{R}{F} \log \frac{f_1 m_1}{f_2 m_2}.$$

Man kann also die Ionenaktivitäten aus den an elektrolytischen Thermoketten gemessenen Daten berechnen und dann das Diffusionspotential bis zu beliebig hohen Konzentrationen auswerten.

Die Rechnungen ergaben, dass

a) die Aktivität des Wasserstoffions bei höheren Salzsäurekonzentrationen viel stärker, als die Aktivität des Chlorions wächst.

b) das $HCl-HCl$ Diffusionspotential als Funktion des $\log m$ bis zu 0·2 Mol linear verläuft, dann nimmt es stärker zu.

Bis 0·2 Mol Konzentration werden die experimentellen Werte des Diffusionspotentials durch die folgende Gleichung gegeben:

$$\varepsilon = \text{konst} - 37{\cdot}92 \left\{ \log c - \frac{0{\cdot}383\sqrt{c}}{1+1.109\sqrt{c}} + 0{\cdot}162\, c \right\}.$$

Auf Grund der experimentellen Daten von Lange und Hesse kann man nachweisen, dass die Konzentrationsabhängigkeit der Überführungswärmen vernachlässigend klein ist. Dasselbe gilt auch für die Konzentrationsabhängigkeit des Temperaturkoeffizienten von Überführungswärmen.

Szeged, Theoretisch-physikalisches Institut der Universität.

(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften vom 23. Nov. 1936.)

VÁLTOZÓ KERESZTMETSZETŰ NYOMOTT RÚD RUGALMAS KIHAJLÁSÁRÓL.

BARTA JÓZSEF-től.

Középértéktételt mutatok be a kritikus nyomó erő kiszámítására, ha a rúd a végein van megtámasztva csuklósan, vagyis szabadon elfordulhatóan. A tétel tartalmát a (14) képlet fejezi ki. Az u függvény kétszer differenciálható, kielégíti a (4) határfeltételeket, a határokon belül zérustól különböző, egyébként tetszőleges. A kritikus nyomó erő, vagyis az (1) egyenlet első sajátértéke a tétel felhasználásával, gyakorlati céloknak megfelelő pontossággal, könnyen kiszámítható. A tétel alkalmazásának a gyakorlati előnye abban rejlik, hogy általa a kritikus nyomó erőre nemcsak felső, hanem alsó értékhatár is megállapítható. A tétel alkalmazását a számpélda világítja meg.

I. A középértéktétel bizonyítása. A végein csuklósan megtámasztott egyenestengelyű l hosszúságú nyomott rúd rugalmas kihajlása az

$$y'' = -\frac{P}{EJ}\, y \tag{1}$$

egyenlettel tárgyalható, ahol az $y(x)$ függvény az

$$y(0) = 0, \tag{2}$$

$$y(l) = 0 \tag{3}$$

határfeltételeket tartozik kielégíteni. P jelenti a nyomó erőt, E a rugalmassági modulust, J a rúdkeresztmetszet tehetetlenségi nyomatékát. Az EJ pozitív (nem zérus érték), változó keresztmetszetű rúdról lévén szó, nem állandó, hanem x-től függ. Tételezzük fel, hogy EJ a $0 \leqq x \leqq l$ intervallumban folytonos.

Az (1) egyenlet első sajátértékét, mivel az a kritikus nyomó erőt jelenti, jelöljük P_k-val. Az első sajátfüggvénye y_1 a $0 \leqq x \leqq l$ intervallumban folytonos és kétszer differenciálható, továbbá a $0 < x < l$ helyeken mindenütt $y_1 > 0$ vagy pedig $y_1 < 0$.

Az $u(x)$ tetszőleges függvény legyen a $0 \leqq x \leqq l$ intervallumban folytonos és kétszer differenciálható, elégítse ki az

$$u(0) = 0, \quad u(l) = 0 \tag{4}$$

határfeltételeket, továbbá a $0<x<l$ helyeken legyen mindenütt $u>0$, vagy pedig $u<0$. Tehát feltételezzük, hogy

$$(u)_{x\to 0} = 0, \qquad (u)_{x\to l} = 0, \tag{5}$$

$$(u')_{x\to 0} = \text{véges}, \quad (u')_{x\to l} = \text{véges}, \tag{6}$$

Jelentse $v(x)$ azt a függvényt, amely az

$$y_1 = u(x)\ v(x) \tag{7}$$

egyenletet kielégíti. Következésképen $v(x)$ függvény $0 < x < l$ helyeken folytonos és kétszer differenciálható, továbbá eme helyeken mindenütt $v > 0$, vagy pedig $v < 0$.

Az $(y_1)_{x\to l} = 0$ feltétel a (7) szerint

$$(uv)_{x\to l} = 0 \tag{8}$$

alakban írható. (8)-ból és (6)-ból az következik, hogy

$$(uvu')_{x\to l} = 0. \tag{9}$$

Az

$$(y_1')_{x\to l} = \text{véges}$$

feltétel (7) szerint

$$(uv' + vu')_{x\to l} = \text{véges} \tag{10}$$

alakban írható. (5)-ből és (10)-ből következik, hogy

$$[u(uv' + vu')]_{x\to l} = 0,$$

azaz

$$(u^2v' + uvu')_{x\to l} = 0,$$

amiből (9) tekintetbevételével az

$$(u^2v')_{x\to l} = 0 \tag{11}$$

egyenlet következik. Hasonlóképen nyerhető az

$$(u^2v')_{x\to 0} = 0 \tag{12}$$

egyenlet is. Az (1) egyenletből a kritikus nyomó erő

$$P_k = -\frac{y_1''}{y_1} EJ.$$

Ha ide behelyettesítjük a (7) képletet és tekintetbe vesszük az

$$(uv)'' = u''v + \frac{(u^2v')'}{u}$$

identitást, akkor

$$P_k = -\frac{u''}{u} EJ - \frac{(u^2v')'}{u^2v} EJ. \tag{13}$$

Az utóbbi tört nevezője nem negatív, vagy pedig nem pozitív; a számlálójából alkotott határozott integrál a (11) és (12) figyelembevételével

$$\int_0^l (u^2v')'\,dx = (u^2v')_{x\to l} - (u^2v')_{x\to 0} = 0.$$

Az integrál eltűnéséből az következik, hogy a (13) egyenlet jobboldalán álló második tag értéke a $0 \leqq x \leqq l$ intervallumban különböző előjelű vagy pedig az intervallumban mindenütt zérussal egyenlő; a kivételes utóbbi esetben már u az első saját függvény. Ha

$$\left(-\frac{u''}{u} EJ\right)_{\min} \quad \text{ill.} \quad \left(-\frac{u''}{u} EJ\right)_{\max}$$

jelenti a $0 \leqq x \leqq l$ intervallumban a

$$-\frac{u''}{u} EJ$$

kifejezés legkisebb, ill. legnagyobb értékét, akkor a megállapításunk a

$$\left(-\frac{u''}{u} EJ\right)_{\min} \leqq P_k \leqq \left(-\frac{u''}{u} EJ\right)_{\max} \tag{14}$$

képlettel fejezhető ki; az egyenlőségjel arra az esetre vonatkozik, amikor már u jelenti az első sajátfüggvényt. A (14) képlet a kritikus nyomó erőre alsó, illetőleg felső értékhatárt állapít meg. Természetesen a (4)-ből kifolyólag az alsóhatár lehet $-\infty$ is, a felsőhatár lehet $+\infty$ is.

Részletes fejtegetés nélkül megemlítem, hogy a tétel bizonyítása az itt követett gondolatmenettel arra az esetre is kiterjeszthető, amikor a rúdkeresztmetszet változása szakaszonként folytonos, vagyis amikor a rúdkeresztmetszet véges számú helyen ugrásszerűen változik.

II. Alkalmazás. Bemutatom, hogy miképen lehet alkalmazni a (14) képlettel kifejezett középértéktételt a kritikus nyomó erő kiszámítására. Az u függvényt célszerűen úgy választjuk meg, hogy jellemezze a kihajlott rúd rugalmas vonalának a hozzávetőleges alakját. Tehát az u függvényt vagy egészen tetszőlegesen, vagy valamely megközelítő eljárással[1] megállapított rugalmas vonalnak megfelelően választjuk meg, ügyelvén arra, hogy az u függvény elégítse ki a (4) határfeltételeket és az intervallum belső helyein mindenütt $u < 0$, vagy pedig $u < 0$ legyen. Példaképpen tárgyaltassék az az eset, amikor a rúdkeresztmetszet tehetetlenségi nyomatéka J_0-tól $2J_0$-ig lineárisan változik, vagyis

$$J = (l + x)\frac{J_0}{l}.$$

Először: A tetszőleges függvény legyen

$$u = lx - x^2,$$

a legegyszerűbb függvény, ami a határfeltételeket kielégíti. Ekkor

$$-\frac{u''}{u} EJ = 2\,\frac{l + x}{l^2 x - l x^2} EJ_0.$$

Ennek a kifejezésnek az értéke a $0 \leqq x \leqq l$ intervallumban

$$11{,}65\,\frac{EJ_0}{l^2} \quad \text{és} \quad +\infty$$

között változik. Tehát (14) szerint

$$11{,}65\,\frac{EJ_0}{l^2} < P_k < +\infty.$$

---

[1] A megközelítő eljárásokról összefoglaló áttekintést nyujt például: RATZERSDORFER J.: Die Knickfestigkeit von Stäben und Stabwerken. Wien, Springer, 1936, § 13—14.

Másodszor: Ha a tetszőleges függvény

$$u = 5x^5 - 12l^2x^3 + 7l^4x, \tag{15}$$

akkor (14) szerint

$$-\infty < P_k < 17{,}42\,\frac{EJ_0}{l^2}.$$

Harmadszor: Próbálgatással könnyen található olyan függvény, amellyel P_k értéke szűkebb határok közé szorítható. Ha

$$u = -9x^5 + 40lx^4 - 50l^2x^3 + 19l^4x,$$

akkor

$$14{,}37\,\frac{EJ_0}{l^2} < P_k < 15{,}79\,\frac{EJ_0}{l^2}.$$

Negyedszer: Az u függvényt jobb megközelítéssel nyerhetjük, ha ENGESSER számító [1] és VIANELLO szerkesztő [2] eljárásának közös alapgondolatát, a szukcesszív approximációt használjuk fel. Ennek a lényege abban rejlik, hogy valamely tetszőleges függvényt az (1) jobb oldalába helyettesítvén, a differenciálegyenlet integrálása árán jobb megközelítést nyujtó u függvényt nyerhetünk. Ha tehát a (15) kifejezést az (1) jobb oldalába helyettesítjük és a lényegtelen állandó együtthatótól eltekintünk, akkor az

$$u'' = -60x^4 + 60lx^3 + 84l^2x^2 - 84l^3x$$

differenciálegyenletet nyerjük. Ebből kétszeri integrálással

$$u = -2x^6 + 3lx^5 + 7l^2x^4 - 14l^3x^3 + 6l^5x,$$

ahol az integrálások folytán keletkező lineáris tag együtthatóját úgy kellett megállapítanunk, hogy a kifejezés megfeleljen a (4) határfeltételeknek. Erre a kifejezésre alkalmazván a (14) képletet a

---

[1] ENGESSER, F.: Über die Knickfestigkeit von Stäben veränderlichen Trägheitsmomentes. Zeitschrift des österr. Ing. u. Arch. Vereins, Jahrg. 45. 1893, p. 506. Jahrg. 61, 1909, p. 544.

[2] VIANELLO, L.: Graphische Untersuchung der Knickfestigkeit gerader Stäbe. Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure, Bd. 42, 1898, p. 1436. — Konvergenciabizonyítás: PICARD, É.: Traité d'analyse. Tome III, chap. VI.

$$9{\cdot}60\,\frac{EJ_0}{l^2} < P_k < 14{\cdot}81\,\frac{EJ_0}{l^2}$$

egyenlőtlenségre jutunk.

Az egyenlőtlenségeket összefoglalva

$$14{\cdot}37\,\frac{EJ_0}{l^2} < P_k < 14{\cdot}81\,\frac{EJ_0}{l^2}.$$

A számtani közép

$$14{\cdot}59\,\frac{EJ_0}{l^2},$$

amely érték 2% pontosságon belül közelíti meg P_k pontos értékét. Próbálgatással vagy ENGESSER-től kölcsönzött fenti gondolatmenet ismételt alkalmazásával a pontosság még tovább fokozható.

III. **Általánosítások.** E dolgozatban bemutatott középértéktételnek többféle általánosítása lehetséges, aminek a felhasználásával több más stabilitási, valamint rezgési feladat számszerű megoldása végezhető el. Ezekről külön dolgozatban fogok beszámolni.

(A M. T. Akadémia III. osztályának 1937. jan. 18-án tartott üléséből.

ÜBER DIE ELASTISCHE KNICKUNG DES GEDRÜCKTEN STABES MIT VERÄNDERLICHEM QUERSCHNITT.

Von J. BARTA in Budapest (Ungarn).

In dieser Arbeit wird ein Mittelwertsatz zur Berechnung der kritischen Druckkraft angegeben, wenn beide Enden des Stabes frei drehbar sind [Grenzbedingungen (2), (3)]. Der Inhalt des Satzes ist durch die Formel (14) ausgedrückt, worin P_k die kritische Druckkraft d. h. den ersten Eigenwert der Differentialgleichung (1) bezeichnet. u ist eine beliebige Funktion von x. Sie soll die Grenzbedingungen (4) erfüllen und sie soll im Intervall $0 \leqq x \leqq l$ zweimal differenzierbar sein, wenn der Querschnitt sich stetig verändert. Für $0 < x < l$ soll überall $u > 0$, oder überall $u < 0$ sein.

Durch die Anwendung des Mittelwertsatzes lassen sich nicht nur obere, sondern auch untere Wertgrenzen für die kritische Druckkraft berechnen. Das Zahlenbeispiel erläutert die Einzelheiten der Berechnung.

(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften vom 18. Jan. 1937.)

ADATOK A KOPONYAÜREG ÖSSZEHASONLÍTÓ CSONTTANÁHOZ.

(A kutya koponyájának belső reliefje).

ZIMMERMANN GUSZTÁV-tól.

(Öt képpel.)

A kemény agyvelőburok és vénás öblei összehasonlító anatomiai vizsgálata közben feltűnt, hogy az erről szóló dolgozatok leírásaikban a véröblök mellett a koponyaüreg reliefjéről alig tesznek néhány megjegyzést. Ezért, amikor mint a Deutscher Akademischer Austauschdienst 1935/36. évi ösztöndíjasa a hannoveri és giesseni anatomiai intézetekben a kutya kemény agyvelőburkának vénás öbleivel foglalkoztam és e vizsgálatokat utóbb a budapesti állatorvosi anatomiai intézetben továbbfolytattam, a koponyacsontok belső reliefjére is kiterjeszkedtem ; a vénás sinusok tájanatomiai viszonyainak behatóbb vizsgálata ugyanis szükségessé teszi az őket befogadó és a koponyaüreg falát alkotó csontok barázdáinak és csatornáinak ismeretét. Vizsgálataimat Hannoverben 49 kutyakoponyán végeztem és e vizsgálatokat azután további 20 kutyakoponyán folytattam és egészítettem ki, melyeket több irányban széjjelfűrészelve, részben a fiatalokat széjjelrepesztve, tettem tüzetes vizsgálat tárgyává.

A kemény agyvelőburok vénás öbleinek befogadására szolgáló barázdák és csatornák rendszeréből a *canalis condyloideus* a nyakszirtcsont oldalsó részének (partes laterales, exoccipitalia) belső felületén dorsonasalis irányban halad (l. az 1. és 2. képen), lefutását a koponya külső felületén a nyakszirtcsont bütyke jelzi. A canalis condyloideust kétoldalt a squama occipitalis ventrolateralis része felől a basioccipitalehoz és a condylus occipitalishoz

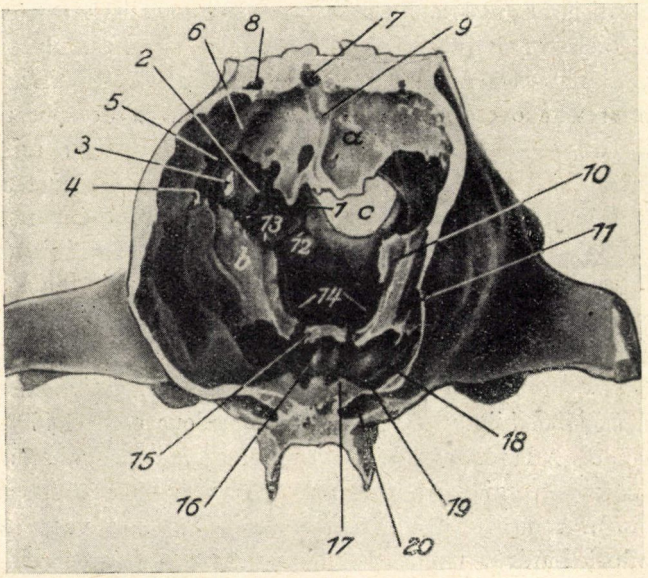
haladó csontlemezek határolják, ventralisan pedig a bütyöknyúlványtól és a torkolati nyúlványtól a basioccipitale felé irányuló csontlemez. A canalis condyloideus a nasalis részén kettéágazódik; a tulajdonképeni canalis condyloideus ugyanis nasoventralis irányú ágat bocsát, *canalis condyloideus ventralis* (l. a 2. képen *b 4*), melyet a torkolati nyúlvány egyik gyökere választ el a főcsatornától. A canalis condyloideus ventralist kiindulási helyén egyes kutyakoponyákon egy ventromedialis irányú ág is hagyja el. A canalis condyloideust a koponyaüregtől elválasztó medialis csontlemez belső, koponyaüregi felületére dorsomedialis irányból, a nyakszirtpikkely felől többé-kevésbbé kifejezett léc húzódik (l. a 2. képen).

A canalis condyloideus hátulsó nyílása, a *foramen condyloideum caudale* (l. a 2. képen *1*), tágas ovális vagy kerek lyuk, amely a nyakszirtbütykök caudalis széle és a nyakszirtpikkely caudalis nyúlványa közötti bemetszéstől nasalisan foglal helyet és többnyire egységes, néha azonban kettőzött. A főcsatorna nasalisan a *foramen condyloideum orale*ban (l. az 1. képen *2*) nyílik, ez a foramen jugulare, a foramen supramastoideum és a halántékcsont fossa cerebellarisai között található. A főcsatorna e nyílását a processus jugularis középső gyökere választja el a canalis condyloideus ventralis nyílásától. A torkolati nyúlvány a kutya koponyáján három gyökérrel ered (l. a 2. képen *b*): eggyel a basioccipitaletól, egy másikkal a bütyökcsatornát medialisan határoló csontlemeztől, és végül a harmadikkal a pikkely felől. A foramen condyloideum ventrale a fissura petrobasilarisba vezet, ahová az occipitale és a petrosum határán levő foramen jugulare magasságában nyílik. A bütyökcsatorna ventromedialis ága a foramen hypoglossi externumba vezet, melynek fenekén a lateralis lyukon nyílik, míg a foramen hypoglossi externum medialis nyílásába a canalis hypoglossi vezet.

A canalis condyloideus különösképpen tág volt, nyílásai szintén terjedelmesek voltak egy doggon (l. a 2. képen *a 1*); ezzel ellentétben egy kerekfejű (brachykephal) kutyán a csatorna nyílásaival együtt olyan szűk volt, hogy rajta egy lószőrszálat alig lehetett átvezetni.

Amíg a bütyökcsatorna caudalis nyílása, a foramen condyloi-

deum caudale néha kettőzött, addig a nasalis nyílása a rendes kettős nyílás helyett, *foramen condyloideum orale* és *f. c. ventrale*, háromszoros lehet (l. a 2. képen *b*). Ezzel szemben azonban a két nyílás is egybefolyik olyankor, amikor a processus jugularis középső gyökere hiányzik, ekkor a sulcus condyloideus a foramen condyloideum oralen túl még ventralisan tovább terjed és behúzódik a fissura petrobasilarisba, mintegy a canalis condyloideus ventralis helyetteseként (l. a 2. képen *c* és *d*).

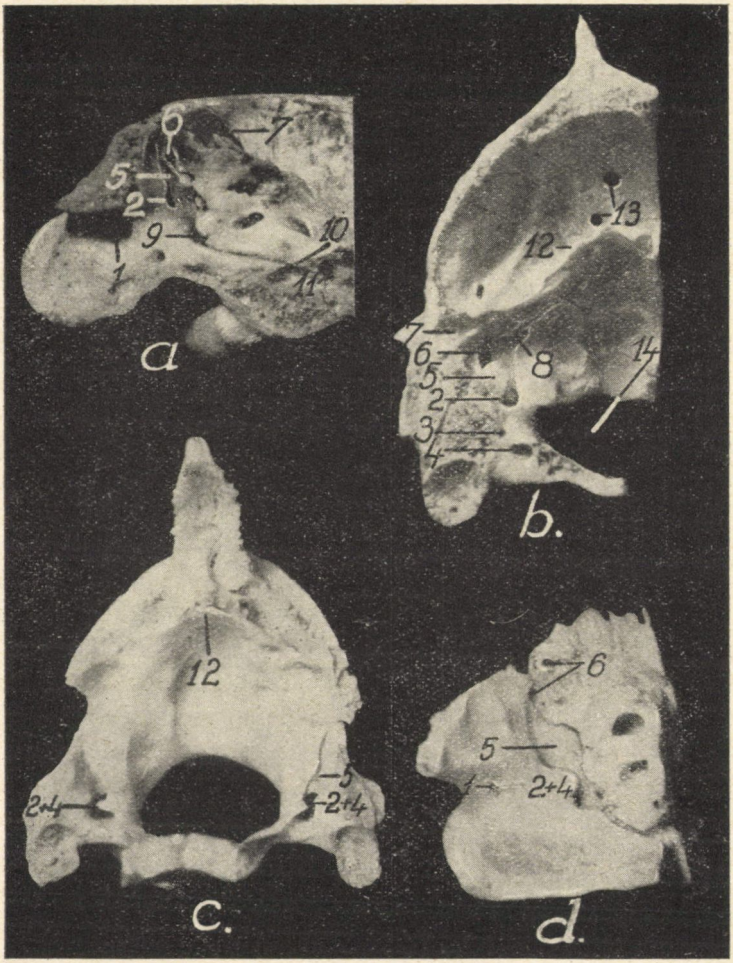


1. kép. *A kutya koponyaüregе* a szemgödri hasadék síkjában haránt-metszéssel, a páratlan lyuk síkjában horizontális metszéssel megnyitva. Elülről és felülről való nézetben. 1. foramen condyloideum caudale, 2. foramen condyloideum nasale, 3. foramen supramastoideum, 4. canalis temporalis lateralis, ventralis rész, 5. canalis temporalis lateralis, középső rész, 6. canalis temporalis lateralis, dorsalis rész, 7. canalis transversus, 8. a halántékjárathoz vezető diploëvena csatornája, 9. sulcus tentorii cerebelli ossei, 10. sulcus sinus petrosi dorsalis, 11. sulcus venae rhinalis posterioris, 12. foramen hypoglossi, 13. foramen jugulare, 14. foramen petrobasilare, 15. processus clinoideus caudalis, 16. processus clinoideus medius, 17. processus clinoideus nasalis, 18. foramen ovale, 19. foramen rotundum, 20. fissura orbitalis, *a* processus tentoricus, *b* os petrosum, *c* foramen magnum.

A canalis condyloideus a foramen condyloideum oraletól a koponya nyakszirti falának belső felületén nagyjában dorsalis irányba húzódó széles, de sekély árokba, *sulcus condyloideus*, folytatódik (l. a 2. képen *5*). E barázda eleinte az occipitale pars lateralisán húzódik, a torkolati nyúlvány pikkelyrészi gyökerén, majd eléri a foramen supramastoideumot. Ettől kezdve a halántékcsont pars mastoideaja és pars squamosaja belső felületén halad a halántékjárat nyitott része felé. Lehet nagyjában egyenes lefutású, csak csekély ívelődéssel, de gyakrabban nasalis irányban megtörten is fordul elő. Ez utóbbi esetben nasalis kanyarodásánál elágazódást bocsát, mely az előző részlet egyenes folytatásában halad és amelyet a nasalisan kanyarodó részlettől a barázda alapjáról kiemelkedő csontléc választ el. A barázda dorsalis részének nasalis kanyarodása csak az esetben lehetséges, ha a sziklacsont dorsolateralis csúcsa és a halántékpikkely között bemetszés van, ellenkező esetben a barázda az említett kanyarodás nélkül éri el a meatus temporalis barázdarészét. A barázda kis és nagy kutyák koponyáin egyaránt terjedelmes, sőt kisebb kutyákon aránylag nagyobb és szélesebb is. Határai legtöbbször elmosódottak, különösen a nasalis szegélyén, a caudalis szegélyén ezzel szemben a foramen condyloideum orale szomszédságában a lyuk szabad széléből kiinduló él határolja a sulcus condyloideust (l. a 2. képen *d*). A barázda dorsalis végének szomszédságában a sziklacsont pars petrosajáról a pars mastiodeajára húzódó él szegélyezi (l. utóbb). A meatus temporalisba való torkolata vagy széles és elmosódott határú, vagy aránylag szűkebb és élesen elhatárolt.

A sulcus condyloideusnak a halántékjáratba való nyilását esetenkint a pars petrosanak az interparietale felé irányuló nyelvalakú nyúlványa hidalja át, máskor beszájadzásánál a barázda alapjáról apró csontléc emelkedik ki és a torkolati részt kettéosztja.

A barázdából a *foramen supramastoideum* vezet a koponya külső felületére. E lyukat a nyakszirtcsont oldalsó és pikkelyrésze, a halántékcsont csecsnyúlványi és kerekfejű kutyák koponyáján annak pikkelyrésze is zárja körül; legtöbbször egységes e lyuk, de helyettesítheti több apró lyuk is (l. a 2. képen *d 6*). A foramen supramastoideumtól a koponya nyakszirti felületén a *sulcus*



2. kép. *A canalis és sulcus condyloideus lefutása* különféle kutyafajtákon. *a)* dogg, *b)* német juhászkutya, *c)* és *d)* fajtajelleg nélküli kis kutyák. 1. foramen condyloideum caudale, 2. foramen condyloideum nasale, 3. foramen condyloideum accessorium, 4. foramen condyloideum ventrale, 5. sulcus condyloideus, 6. foramen supramastoideum, 7. canalis temporalis lateralis, barázdarész, 8. sulcus supramastoideus, 9. foramen jugulare, 10. canalis petrobasilaris ferde metszetben, 11. foramen caroicum internum, 12. processus tentoricus, 13. foramen impar, 14. foramen magnum.

nuchalis externus húzódik dorsalis irányban a linea nuchalis superior felé. E barázda a halántékcsont csecsnyúlványi és pikkelyrészén áthaladva a nyakszirtpikkelyen folytatódik és a linea nuchalis superiort a nyakszirt-, illetőleg a falközötti csont érdes izomtapadási felületének alsó határánál éri el. Itt a barázda medialisan, majd patkószerűen ventralisan kanyarodik és az ellenkezőoldali társától elkülönülten egy vagy több *foramen nuchale canalis transversi* útján a meatus temporalis median részletével vagy csupán a diploë csatornáival érintkezik. E lyukak vagy közvetetlenül a protuberantia occipitalis externa alatti érdes felület szomszédságában, vagy ettől ventralisan találhatók. Utóbbi esetben a barázda vége erősebb ventralis kanyarulatot mutat. A foramen nuchale canalis transversi nem szükségképpen minden esetben fordul elő, hanem pl. a Budapesten behatóan megvizsgált 20 kutyakoponya közül csupán háromban találtam meg, tizenkettőn ellenben a diploëba, illetve a fossa vermianaba vezető kisebb-nagyobb lyukakra akadtam, ötnek pedig nem volt a nyakszirti felületén az öreglyukon és a csecsnyúlvány fölötti lyukon kívül más nyílása.

A foramen supramastoideumtól kiindulóan az esetek egy részében a nyakszirtpikkely belső felületén is előfordul egy barázda, a *sulcus supramastoideus* (l. a 2. képen *b 8*). E barázda a meatus temporalis nyitott részével párhuzamosan dorsomedialis irányban halad. Rendszerint csupán a nyakszirtcsonton húzódik, azonban kerekfejű kutyákon a temporale pars squamosajának processus posteriorján és a falcsont caudoventralis sarkán is áthalad. A sulcus condyloideust szegélyező caudalis él a sulcus supramastoideus ventralis határaként is folytatódhat. A barázda medialisan csatornába megy át, mely rövid lefutás után a meatus temporalis median részletébe vezet. A barázda és a csatorna előfordulása nemcsak variabilis, hanem többnyire asymmetriás is, a jobboldalon gyakrabban jelenik meg (l. a 2. képen *b 8*).

A sulcus supramastoideuszal szemben a sziklacsont pars petrosája és mastoideája közötti mély bevágásban barázda húzódik, melynek medialis szegélye a sulcus condyloideus nasalis határából kerül. A barázdát a halántékjárat barázdarészéből kiemelkedő él határolhatja el, vagy pedig az előbbi az utóbbival egybefolyik.

A halántékjárat, *meatus temporalis* (l. 1, 3 és 4. képen), a

koponya nyakszirti és halántéki falában levő patkóalakú csatorna. Lefutását a koponya külső felületén a linea nuchalis superior és a belőle kétoldalt folytatódó crista temporalis jelzi. A halántékjárat csatornarészekből és barázdarészekből áll, a csatornarészek két-két szomszédos csont megfelelő barázdáinak összeilleszkedéséből alakultak ki, a barázdarészek a koponyaüreg felé nyitottak. A halántékjárat felosztható két páros és egy páratlan (median-) részre; előbbi a halántékcsont és falcsont területére esik, utóbbi az occipitale és az interparietale között található. A páros részek a kétoldali canalis temporalis lateralisok, a páratlan a canalis transversus.

A *canalis temporalis lateralis* felosztható ventralis zárt, középső a koponyaüreg felé nyitott és dorsalis zárt részletre. Az első két részlet az os temporale területére esik, azért e kettő együtt a pars temporalis meatus temporalist adja, a harmadik a falcsont területén van, ez a pars parietalis meatus temporalis.

A ventralis kezdeti rész (l. az 1, 3 és 4. képen *4*) a temporale pikkelyrészlete és sziklacsonti részlete között van, caudodorsalisan irányul. A csatorna körülhatárolását legnagyobb részben a pikkely adja, a sziklacsontból kis terület jut csupán. Ventralis nyílását a squama a pars tympanicaval képezi, e lyuk a processus postglenoidalis és a porus acusticus externus között van, *foramen postglenoidale* (l. az 5. képen *b 12*). A ventralis rész caudodorsalisan a pars petrosa lateralis csúcsa előtt hosszantkiterjedő hegyes bemetszésben végződik, melyet kétoldalt kiemelkedő élek határolnak.

A középső rész a koponyaüreg felé nyitott barázda (l. az 1., 3. és 4. képen *5*), egész hosszában többé-kevésbbé kifejezett éles szélekkel, melyek rendszerint a barázda végei felé erősebben kiemelkednek. A barázda az előbbiből a fent említett bemetszéssel fokozatosan veszi kezdetét és maximális szélességét még a sziklacsontnak megfelelően éri el. A halántékjárat barázdarésze a sziklacsont dorsolateralis csúcsától a caudalis koponyafalon dorsomedialis irányban halad. A foramen supramastoideum magasságában a ventralis oldalról a halántékjárat barázdájába a sulcus condyloideus torkollik, melynek nyílását egyfelől a sziklacsont csúcsának, másfelől a nyakszirtpikkelynek apró nyúlványa hidalhatja át. E

torkolat vagy széles és elmosódott, vagy pedig szűkebb és jól elhatárolt (l. fentebb). A barázdarész utolsó szakaszának falán már egy falcsonti barázdarész is különülhet el.

A meatus temporalis nyitott része felé a sziklacsont nasodorsalis felületén két, nagyjában párhuzamos barázda halad (l. az 1. és 4. képen). Az egyik a crista petrosa medialis széle mentén fut le, ez a sulcus sinus petrosi dorsalis (l. a 4. képen *6*). Rövid lefutás után a sziklacsont nasomedialis harmada határán a crista petrosa szabad szélén, ennek caudoventralis felületére fordul át, hogy itt a lobulus petrosus árka és a crista petrosa között haladjon. A lobulus petrosus árka után következő része gyakran két magas élszerű tarajjal elhatárolódik. E barázda folytatódhat caudoventralis kanyarodás után a foramen supramastoideum felé, hogy közte, a sziklacsont dorsolateralis csúcsa és a meatus temporalis barázdarésze között végződjék (l. az 1. és 2. képen).

A másik barázda a sziklacsont nasodorsalis felületének közepén halad, nagyjából a crista petrosaval párhuzamosan. Lateralisan a foramen nervi trigeminitől, ettől egy tarajjal elválasztva indul ki és enyhén ívelt lefutással az előbbi barázdának a lobulus petrosus árka fölötti részéhez halad. Még egy harmadik párhuzamos barázda is található, teljesen lateralisan, az arteria meningea media barázdájának sziklacsonti része.

A canalis temporalis lateralis dorsalis ismét zárt részét, a falcsonti részt, a parietale caudalis élének ventromedialis irányú nyúlványa és a squama occipitalis megfelelő barázdája határolja. A falcsont egészében lemezszerű nyúlványának lateralis alapi része határolja el a falcsonti csatornarészt a nyakszirtpikkely vele szemben levő szegélyével együtt. A falcsonti nyúlvány végső, medialis része az interparietale mellett a csontos sátornyúlvány alkotásában vesz részt. A falcsonti nyúlvány szabad széle és a nyakszirtpikkely vagy varratban találkozik, de a mellett továbbhúzódhat a nyúlvány lemeze nasoventralis irányban, vagypedig mindkét szél ajakszerűen duzzadt élt formál. Előbbi esetben a falcsonti nyúlvány előrehúzódik és a tentorium alkotásában nagyobb részt vesz, utóbbi esetben kisebb résszel járul hozzá a tentorium alkotásához. Ha a falcsont caudalis szélének belső felületén hiányzik vagy kisebb terjedelmű a koponyaüreg felé húzódó nyúlvány,

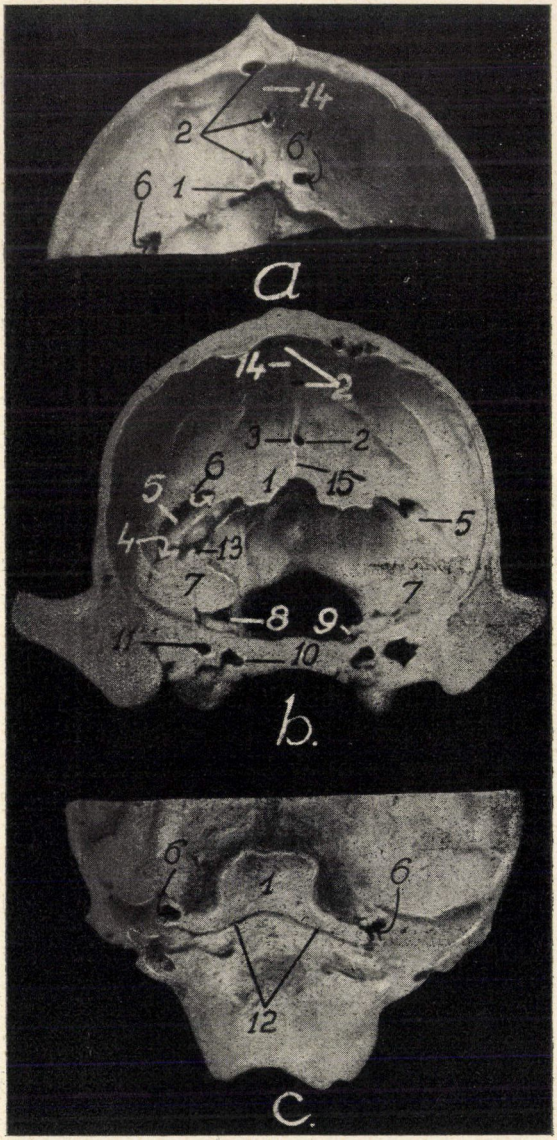
akkor a falcsonti zárt rész teljesen hiányzik és csupán a falcsonti barázdarész van meg (l. a 3. képen *a*). A parietale és occipitale között a sátornyúlvány ventralis felületén harántirányú ívelt barázda fut le. Esetenkint a falcsont maga határolja körül a halántékjárat falcsonti részét.

A meatus temporalis páratlan, medián összekötő részlete a *canalis transversus*. E csatorna mindkét végén átmegy a halántékjárat páros részeibe. A canalis transversust a nyakszirtpikkely és a falközötti csont egy-egy barázdája zárja közre. E csatorna harántirányú, ventralisan concav ívben halad és kerek keresztmetszetű; a koponya nyakszirti külső felületén lefutását a linea nuchalis inferior, illetve a dorsalis érdes izomtapadási felület alsó határa jelzi. A csatorna falát mintegy kétharmad részben a squama occipitalis képezi, mely annak caudalis és ventralis falát adja. A dorsonasalisan e csatornát határoló interparietale számára marad a másik harmad.

A canalis transversus oldalsó nyílásait a canalis temporalis lateralis falcsonti részének mediális végén varrat jelzi, a csatorna maga élesebb határ nélkül megy át a páratlan összekötő részbe. A canalis transversus falán köröskörül kisebb-nagyobb nyílások vannak, melyek a diploëba vezető csatornákba folytatódnak. A kisebb lyukakon kívül nagyobbak is előfordulnak, melyekben a falcsonti nagy diploëvena halad a halántékjárat felé. E nagyobb diploë-csatornák gyakrabban távolabb lateralisan a falcsonti vagy éppen a halántéki részen is nyilnak a halántékjáratba. A caudalis falon a diploëba vezető lyukakon kívül változatos számban és fejlettségben jelenlevő nyílások a koponya külső nyakszirti felületére vezetnek. E lyukak a *foramen nuchale canalis transversi*-ket adják, melyekből a sulcus nuchalis externus vezet a foramen supramastoideumba (l. fentebb e lyuk leírásánál).

A canalis transversusnak a már eddig említetteken kívül van még egy, a koponyaüreg felé irányuló nyílása, a *foramen impar meatus temporalis*, mely az interparietalet fúrja át és a nyílvarrat mentén, valamint a tentorium cerebelli osseum oromzatán egy-egy barázdába folytatódik (l. a 3. képen *2*).

A foramen impar meatus temporalis rendszerint egységes tágas, kerek lyuk az interparietale területén a mediánsíkban, a



3. kép.

koponyatető és a processus tentoricus alkotta szögletben. Ily teljesen szabályos lyukat 20 kutyakoponya közül háromban találtam. A rendestől kisfokú eltérést képvisel az az eset, melyben a foramen impar az interparietale területén mint egységes, tágas, kerek lyuk nem a mediánsíkban található. Ennek az asymetriának legkisebb foka az, ha a lyuk a jól kiemelkedő crista sagittalis interna egyik oldalán fejlődött ki. Nagyobb eltérés az, ha a nyílás az interparietalénak távolabbi lateralis részén van. Még nagyobb eltérést jelent a «páratlan» lyuk kettőzöttsége, ami kétfelé módon lehetséges, nevezetesen vagy dorsoventralisan, vagypedig mediolateralisan. Ilyen esetben rendszerint az egyik nyílásba a nyílvarrat mentén haladó, a másikba pedig a csontos agysátor oromzatán végighúzódó barázda végződik, e szabálytól azonban számos eltérés is előfordul. Járulékos lyukak jelenléte esetén ezek a főlyukakkal vagy egyenlő tágak, vagy szűkebbek azoknál; szabályul vehető, hogy a főlyukak a tágabbak, függetlenül helyzetüktől. Az eddigieknél is nagyobb eltérést jelent, ha a duplicitáson kívül lényegesebb dislocatiók is vannak. A főlyuk *fölött* található járulékos páratlan lyuk *foramen impar secundarium dorsale* (l. a 3. képen *b 2*), az egymás *melletti* kettőzöttség, *foramen impar secundarium laterale* megjelenéséhez vezet. Megemlítendő továbbá, hogy a páratlan lyuk több esetben tolódott el jobbra, mint balra; a jobboldal javára alakuló asymmetriák másfelé is gyakoribbak a koponyacsontok reliefjén. Két foramen impar jelenléte esetén az egyik irányulhat jobbra, a másik balra is.

Foramen impar secundarium dorsale esetén a lyuk nem szükségképpen közvetlenül a canalis transversusba nyílik, hanem a

---

3. kép. *A kutya processus tentoricusának különféle alakulásai: a)* német juhászkutya, *b)* rövidfejű korcs, *c)* német juhászkutya; *a)* és *b)* nasodorsalis, *c)* ventralis nézetben. 1. processus tentoricus, 2. foramen impar, 3. crista sagittalis interna, 4. meatus temporalis, ventralis rész, 5. meatus temporalis, barázdarész, 6. meatus temporalis, dorsalis rész, 6' meatus temporalis, középső rész, canalis transversus, 7. a sziklacsont nagyagyvelői felülete, 8. foramen nervi trigemini, 9. foramen caroticum internum, 10. foramen caroticum externum, 11. tuba auditiva Eustachii ossea, 12. sulcus occipitalis transversus ventralis, 13. foramen supramastoideum, 14. sulcus sagittalis, 15. sulcus tentorii cerebelli ossei.

sulcus sagittalis a lyukon túl *canalis sagittalis*ba folytatódik. E csatorna legfeljebb az interparietele nasalis csúcsától kezdődik (egészen $1^1/_2$ cm-ig terjedő csatorna lehet ez a kutya nagyságához mérten). Esetenkint kettőnél több egymás felett helyeződő foramen impar is fordul elő. Egymás melletti kettőzöttség esetén a crista sagittalis interna két oldalán találhatók a nyílások, melyek közül az egyik nagyobb, ebben végződik a nyílvarrat barázdája, a kisebben pedig a csontos sátornyúlványé.

A foramen impar a járulékos lyukakkal együtt csaknem kivétel nélkül a processus tentoricustól dorsalisan van, de egy kerekfejű kutyán a csökevényes sátornyúlványt jobboldali lateralis részén úgy dorsalisan, mint ventralisan tágas foramen impar fúrja át, melyek rövidesen egymásba nyílnak és közös lyukkal a canalis transversusba.

A foramen impar előtt és alatt indul ki az os interparietaleból, de nagyobb részében a parietaleból is a *processus tentoricus* (l. a 3. képen *1*; utóbbi részletét MARTIN írta le). Az így kettős eredetű csontos sátornyúlvány nyelvalakban nasoventralisan húzódik és a sziklacsont crista petrosajával közösen a kisagysátornak csontos alapját adja. A processus tentoricus a koponyaüreg caudodorsalis szögletéből beemelkedve a nagyagyvelőt elválasztja a kisagyvelőtől, ehhez képest nagyagyvelői és kisagyvelői felülete van, mindkettőn a tekervények és barázdák impressiones digitataet és juga cerebraliat okoznak. Nagyagyvelői felületén egy különleges, már fentebb jelzett, hosszanti, kisagyvelői felületén egy különleges harántbarázda van, mely utóbbit egyik oldalról az interparietale és parietale, másik oldalról a squama occipitalis szegélyezi. E haránti irányú barázda a meatus temporalis kétoldali nyitott barázdarésze között fut le (l. a 3. képen *c 12*), lateralis részei többnyire kifejezettebbek, medianrészlete az occipitale és interparietale között többször elmosódott.

A tentorium osseum fejlettsége (l. a 3. képen) különböző, ehhez képest kis és nagy formájú tentoriumokat különböztetnek meg. A kétféle változat gyakorisága a vizsgált eseteknek kb. 50—50%-át tette ki. A csontos sátornyúlvány két formája közötti különbséget a falcsontok viselkedése határozza meg. Kis tentorium fordul elő rövid és kerekfejű kutyákon, hol degeneratiós jelenségnek is minősí-

tik, de alkalomadtán hosszúfejű fajtákon is jelentkezik. Jellemző reá, hogy rövid csökevényes e kiemelkedés (l. a 3. képen *a 1*), széle éles, vagy ajakszerűen duzzadt. Középső része az interparietale nyúlványa. Lateralisan mindkétoldalt a falcsontok nyúlványai is résztvesznek a csontos agysátor képzésében. A csontos sátornyúlvány falcsonti eredetű része a perietalenak a halántékjáraton túlemelkedő, ventralisan irányuló nyúlványa, mely az interparietale oldalsó szélei mentén hatol be a koponyaüregbe. Nagyformájú tentoriumokon a median helyeződő és csupán a caudalis részen helyetfoglaló interparietale részletet a parietale-részlet jóval túlszárnyalja. A falcsontnak e nasoventralis irányú nyúlványa nem csupán a halántékjárat falcsonti részének folytatásából eredhet, hanem még ezen kívül a meatus temporalis barázdarészének falcsonti szegélyéből is. A meatus temporalis falcsonti részéből kiindulva enyhén dorsalisan concav ívelődéssel egy, nagyjában parallellogram alakú nyúlvány húzódik ki, amely ellenkezőoldali társával az interparietale nasoventralis hegye előtt házfedélszerűen találkozik és ezzel a résszel vagy összenő, vagy csak harmóniát (sutura laevis) képez vele. A nyúlvány kisebb-nagyobb lyukakkal átszőtt, melyek részben a halántékjáratba, részben a nagyagyvelőtől a kisagyvelő felé vezetnek. A ventralis haránbarázda nem tüntet fel említésreméltó különlegességeket.

*

A koponyaüreg basalis falán a ventralis vérvezetékrendszer a mediansíktól kisebb-nagyobb távolságban lefutó két symetriás sagittalis irányú törzsből áll, melyek nasalis részükön barázdában, középső részükön csatornában haladnak, míg caudalis lefutásuk a csont skulptúráján nem jut kifejezésre (l. a 4. és 5. képen). E csatorna- és barázdarendszer egyes részei a koponyaalapon részben az os tribasilare csatornáiban, részben ezek oldalsó szélén, részben dorsalis felületükön haladnak. A koponyaalap tagozottságához képest nagy változatosságban e rendszer különféle nyílások révén sokkal inkább összefügg a koponyaüregen kívüli részekkel, mint a dorsalis rendszer egyes részletei.

A canalis condyloideus caudalis részének, a horizontalis síkban való, nasalis meghosszabbítása a *canalis condyloideus ventralis*,

amely közel a bütyökcsatorna nasalis végéhez hasad le a főcsatornából. A canalis condyloideus ventralis a basioccipitale és a partes laterales között halad, nasoventralisan irányul. Nasalis vége a fissura petrobasilaris caudalis falán nyílik (l. a 2. képen *4*), a foramen jugulare magasságában. A ventralis csatorna nyílása a basioccipitale lateralis széle és a processus jugularis között van; dorsalisan és ventralisan a torkolati nyúlványnak középső és ventralis gyökerei határolják, előbbi a foramen condyloideum oraletól választja el, e csontlécen foramen condyloideum accessorium fordulhat elő. Ha a canalis condyloideus és a canalis condyloideus ventralis egymástól nem különül el, a bütyökcsatorna nasalisan egyetlen lyukban nyílik. E lyuk ez esetben egészen a fissura petrobasilarisba vezető sulcus condyloideusba nyílik, melynek ventralis része a foramen jugulareba vezet, illetve ezzel egybefolyik (l. a 2. képen *c* és *d*).

A canalis condyloideus ventralis oralis irányban a basioccipitale lateralis szélén haladó barázdába folytatódik, mely a fissura petrobasilaris területére esik. A *fissura petrobasilaris* a koponya ventralis falán levő, ferdén helyeződő, aránylag tágas ovális hasadék, mely a rongyoslyuk caudalis részletének felel meg. Nyílásának ferdesége folytán a hasadéknak nasomedialis és caudolateralis szöglete különböztethető meg. A fissura petrobasilarist a medialis oldalról a basioccipitale, a lateralis oldalról a sziklacsont pars tympanicaja veszi körül, caudalisan pedig a processus jugularis nasalis felülete rekeszti be. A fissura petrobasilaris nem vezet közvetetlenül a koponyaüregbe, hanem tágas üregéből csupán a külső nyíláshoz mérten szűk foramen jugulareval nyílik abba (l. a 4. képen *8*). Ez a koponyalapi hasadéknak ideglyuka. Ezenkívül három más nyílásán erek hatolnak be, illetve távoznak belőle. A hasadék üregének caudalis részén a canalis condyloideus ventralis nyílik, vele szemben a hasadék üregének nasalis részén két nyílás található, melyek közül a medialis a canalis perobasilarisé, a lateralis a canalis caroticusé. Előbbit a sziklacsont a basioccipitaleval együtt zárja körül, utóbbit a sziklacsont dobüregi része maga adja.

A fissura petrobasilarisból kiinduló *canalis petrobasilaris* fokozatos csavarodással a basioccipitale lateralis széléről ennek dorsalis

felületére kanyarodik oly módon, hogy medialisan a basioccipitale éle határolja, lateralisan pedig a pars petrosa és a pars mastoidea (l. az 5. képen *6*). Caudalis kezdeti részén, vagy pedig még az agyalapi hasadék területén a basioccipitalenak foramen nutritiuma nyílik a csont lateralis oldalán a barázda fenekére. A canalis petrobasilaris *torsió*jával kapcsolatosan nasomedialis irányulást is vesz fel. A koponyaüregbe a *foramen petrobasilare* (l. a 4. képen *9*) útján nyílik. E lyukat két, caudalis irányból széjjeltérő léc határolja, melyek közül a medialis a basioccipitaleból emelkedik ki és a töröknyereg támlája felé irányul. A lateralis él a sziklacsont pars petrosájának medialis éle, amelynek caudalis része a basioccipitaleval érintkezve a csatorna alkotásában is résztvesz. Az esetben, ha a basioccipitale és a sziklacsont élei nem érintkeznek egymással, a canalis petrobasilaris vályú formájában jelenik meg.

A canalis petrobasilaris nasalisan a *sulcus basalis*ba (l. a 4. képen *10*) folytatódik, mely innen a hypophysis mellett lateralisan elhaladva a fissura orbitalisban végződik. A barázdának kezdeti, nagyon rövid része a basioccipitalera esik; a clivus lateralis részén a barázda átlép a basisphenoidale területére és ellenkezőoldali társával convergál. Röviddel az ékcsontra való jutása után, vagy közvetlenül a synchondrosis sphenoccipitalis szomszédságában az ékcsont caudolateralis tápláló lyukai nyílnak a barázda fenekén (mindkét oldalon egy-egy lyuk). A töröknyereg támlája és a foramen ovale között harántirányban húzódó kiemelkedés fölött halad a sulcus basalis szorosan a dorsum sellae turcicae mellé símulva. Itt, vagypedig a támla előtti részen egyesül a sulcus basalis a foramen caroticum internum felől hozzá hegyesszögben térő *sulcus caroticus*szal. A két barázda egyesüléséből a caudalis barázdarésznél a sulcus basalis szélesebb lesz, úgyhogy az agyfüggelék árka és a kereklyuk közötti területet teljesen kitölti. A kereklyuktól nasalisan a barázda ismét kiszélesedik, egyben enyhe kanyarodással kissé lateralisan hajlik és a tág szemgödri hasadékba jut. A *fissura orbitalis*t az ékcsont két része zárja közre, tetejét a praesphenoidale, fenekét a basisphenoidale képezi, utóbbira egész szélességében folytatódik a sulcus basalis. A kétoldali sulcus basalist közvetlenül a töröknyereg támlája előtt elmosódott határú harántbarázda köti össze, melynek fenekén az ékcsontnak naso-

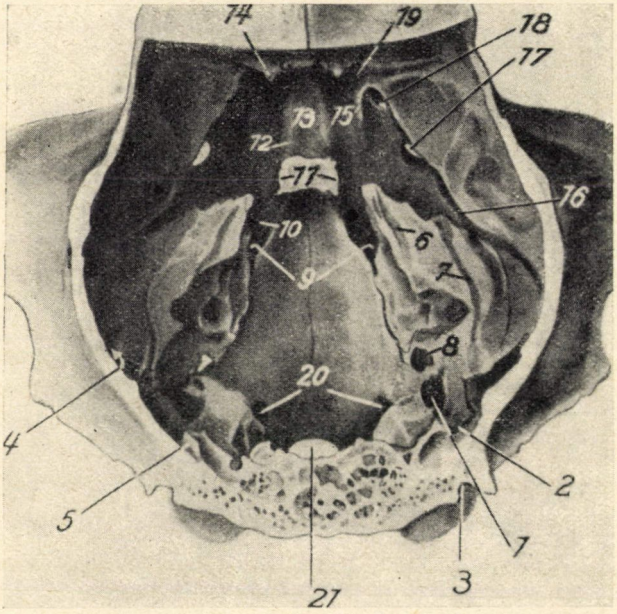
medialis táplálólyuka nyílik, mely lehet medianhelyeződésű, de kissé lateralisan eltóltan is előfordul.

A sulcus basalist két él határolja el; ez élek szakaszonkint és ezen belül ismét egyénenkint különböző mértékben fejlettek. A *medialis él* kezdeti részét a foramen petrobasilare fentemlített medialis szegélyéből kiinduló szél adja, amely a töröknyereg támlájának caudalis felületén, a *clivus*on, áthaladva a dorsum sellae turcicae tetején végződik. A *dorsum sellae turcicae* caudalisan enyhén lejt, nasalis részén meredek eséssel határolódik el a hypophysis árkától és e fölé párkányszerűen előrehúzódik. A dorsum sellae turcicaetől lateralis irányban lemezszerűen többé-kevésbbé kiemelkedő nyúlványok a *processus clinoideus caudalis*ok (l. a 4. képen *11*). Ezeket egyes kutyákon a velük szemben lévő medialis sziklacsonti csúccsal csonthíd köti össze, miáltal a sulcus basalis e részlete gyűrűszerűen zárt lesz. Ezzel szemben a töröknyereg támlája a processus clinoideus caudalisokkal együtt jóformán teljesen nyomtalanul eltűnik kerekfejű kutyákon és mindössze sekély apró kiemelkedés jelzi az agyfüggelék árkának caudalis határát.

A sulcus basalis medialis élének további nasalis részlete, a *processus clinoideus medius* (l. a 4. képen *12*), a barázdát az agyfüggelék árkától különíti el. A processus clinoideus medius többnyire sekély kiemelkedés, ezzel szemben egy agárkutyán jól feltűnik széles, erős gerinc alakjában, íveltsége is itt nagyobb, mint egyéb fajtákon. Megemlíthetem, hogy agárkutyán a fossa hypophysica feltűnően mély, míg ezzel ellentétben kerekfejű kutyán alig mélyed be. A processus clinoideus medius ellenkezőoldali társával közösen úgy nasalisan, mint caudalisan összetérve zárja be a *fossa hypophysicat*, melyet nasalisan a basi- és praesphenoidale határán levő tuberculum sphenoidale rekeszt be. A tuberculum sphenoidalet mindkét oldalon egy-egy bemetszés határolja el a szemgödri hasadék tetejétől, melyből caudalis irányban hegyes *processus clinoideus nasalis* (l. a 4. képen *14*) emelkedik ki.

A sulcus basalis lateralis élének kezdeti részét a sziklacsont pars mastoideajának nasomedialis nyúlványa adja, amely egyúttal a canalis petrobasilarist a canalis caroticustól elkülönítő csontlemez nasalis éle és így a foramen caroticum internum (l. az 5. képen *9*) medialis szegélyét is képezi. Tőle nasalisan a basisphenoidale terü-

letén a lingula sphenoidalis caudalis része határolja el kis darabon a sulcus basalist. A lingula sphenoidalis e caudalis része közvetlenül az ékcsont hátulsó tápláló lyukai mellett lateralisan található. E részlet különíti el a foramen petrobasilare- és a foramen caroticum internumtól jövő barázdákat egymástól. E nyúlványtól nasalisan a két barázda rendesen egyesül (l. fentebb), miután a lingula sphenoidalis középső része nem fejlődött ki. Ezzel az általánosan elterjedt alakulással szemben egy agárkutyán a lingula



4. kép. *A kutya koponyaüregе* a dorsalis oldal felől megnyitva, a processus tentoricus alatti horizontális síkban. Dorsalis nézetben. 1. foramen condyloideum orale, 2. foramen supramastoideum, 3. sulcus nuchalis externus, 4. canalis temporalis lateralis, ventralis rész, 5. canalis temporalis lateralis, középső barázdarész, 6. sulcus sinus petrosi dorsalis, 7. sulcus venae rhinalis posterioris, 8. foramen jugulare, 9. foramen petrobasilare, 10. sulcus basalis, 11. processus clinoideus caudalis, 12. processus clinoideus medius, 13. fossa hypophysica, 14. processus clinoideus nasalis, 15. lingula sphenoidalis, nasalis rész, 16. sulcus art. meningeae mediae, 17. foramen ovale, 18. foramen rotundum, 19. fissura orbitalis, 20. foramen hypoglossi, 21. foramen magnum.

sphenoidalis középső részlete is jelen van, sőt élesen kiemelkedik, úgyhogy a foramen petrobasilare- és a foramen caroticum internumtól jövő barázdákat a töröknyereg támlája területén is elkülöníti egymástól.

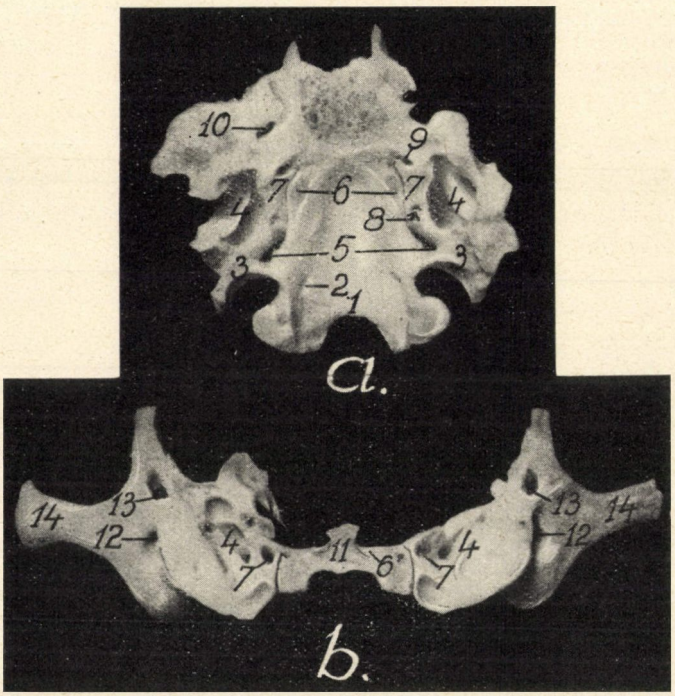
A töröknyereg magasságában a sulcus basalis legfeljebb sekély kiemelkedés révén különül el a mellette levő idegvályútól, mely a foramen nervi trigeminitől a foramen rotundumba vezet. További nasalis lefutásában a sulcus basalis lateralis széle kevéssel a foramen rotundumtól caudalisan ismét élesebben határolódik el; itt ugyanis a *lingula sphenoidalis* (l. a 4. képen *15*) nasalis részlete különíti el a kereklyuk idegvályújától. A lingula sphenoidalisnak e nasalis részlete mint a kereklyuk medialis szegélye a nyílástól kissé hátrább caudalisan kezdődik, majd éles széllel a kereklyuk medialis szélét szegélyezi és dorsalisan is folytatódik szegélyképpen, itt találkozik a sulcus arteriae meningeae mediae lateralis széléből származó éllel; a kettő együtt tehát a kereklyukat (l. a 4. képen *18*) három oldalról hurokszerűen foglalja körül.

A foramen rotundum előtt a sulcus basalis lateralis széle szintén élesebben elhatárolt. Az ékcsont halántéki szárnyán a foramen rotundum elülső szegélye és a fissura orbitalis oldalsó szöglete között a legtöbb kutyán élesen kiemelkedő szél található, amely esetenkint a sulcus arteriae meningeae mediae lateralis élével is összefügg.

A sulcus basalisnak nasalis, a dorsum sellae turcicae előtti része a basalis sinusrendszeren kívül még a fissura orbitalisba vezető idegeknek és a carotisnak is befogadására szolgál, melyeknek részletesebb topographiájával későbbi közleményeimben foglalkozom. Egyelőre csak annyit legyen szabad e helyen megjegyezni, hogy az előadottak alapján a sulcus basalisnak az a része, melyben a sinusokon kívül még a fissura orbitalisba vezető idegek is haladnak, megfelel a *medialis idegvályú*nak. Mellette halad a foramen rotundumba és a foramen ovaleba vezető *lateralis idegvályú*, amely a sziklacsont foramen nervi trigeminijéből jövő idegek vezetésére szolgál. A lateralis idegvályút a sulcus caroticustól az ékcsont incisura caroticaja oldalsó széléből kiinduló él különíti el. A lateralis idegvályú a másik oldalon a sulcus arteriae meningeae mediaevel (l. a 4. képen *16*) érintkezik, vagy egybefolyik vele, vagy

tőle kiemelkedéssel különül el. A töröknyereg magasságában a lateralis idegvályú határai a medialiséhoz hasonlóan elmosódottak. A foramen rotundum környékén a medialis idegvályútól a lingula sphenoidalis nasalis része különíti el (l. a 4. képen *15*).

Az itt leírt barázda- és csatornarendszernek párhuzamos részlete a sziklacsont pars tympanicaja és a sphenoidale területén a *canalis caroticus*, melynek két részét lehet megkülönböztetni,



5. kép. *A kutya koponyaalapja: a)* horizontális metszete a sziklacsont pars tympanicajának magasságában; *b)* harántmetszete kevéssel a foramen postglenoidale mögött. 1. incisura intercondyloidea ventralis, 2. foramen hypoglossi, 3. processus jugularis, 4. cavum tympani, 5. fissura petrobasilaris, 6. canalis petrobasilaris, az occipitalen haladó rázda formájában, 6' sulcus basalis, 7. canalis caroticus, 8. foramen caroticum caudale, 9. foramen caroticum internum, 10. foramen ovale, 11. dorsum sellae turcicae, 12. foramen postglenoidale, 13. canalis temporalis lateralis, ventralis rész, 14. a halántékcsont járomnyúlványa.

éspedig egy caudalist és egy nasalist. A caudalis részt kizárólag a pars tympanica adja, a nasalis részt is legnagyobb részben ez és még a basisphenoidale.

A *caudalis rész* a fissura petrobasilarisból indul ki a canalis petrobasilaris nyílásától lateralisan (l. az 5. képen *8*). Caudalis részén az utóbbi csatornával közös részlete is lehet és tőle csupán teljesen a sziklacsonti rész nasalis részén különül el. A carotis-csatorna caudalis része a pars tympanicahoz tartozó bulla osseanak függelékében (l. az 5. képen *7*) halad, a dobüregtől vékony csontlemezzel elválasztva. A pars tympanicanak a pars petrosa és a basioccipitale közé ékelt része foglalja magába a carotis-csatorna caudalis részletét. Ez nasalisan a *foramen caroticum internum*mal végződik (l. az 5. képen *9*). E lyuk a pars petrosan levő foramen nervi trigemini alatt nyílik és részben a pars tympanica, részben a basisphenoidale caudalis szélén levő incisura carotica határolja (l. az 5. képen *9*).

A canalis caroticus nasalis részét a pars tympanicanak vájt sondához hasonló barázdája és az ezt dorsalisan befedő sphenoidale határolja. E csatornarész nasalis vége a *foramen caroticum externum*-ban van, melyet szintén legnagyobb részben a pars tympanica foglal körül, csupán dorsalisan szegélyezi a sphenoidale.

A koponyaüregben az arteria carotis interna útját a foramen caroticum internumtól a sphenoidalen látható sulcus caroticus jelzi, mely a sziklacsont nasomedialis hegye alatt húzódik.

Összefoglalás. Az állatok kemény agyvelőburkáról és ennek vénás öbleiről szóló irodalmi adatok a sinusok leírásai mellett a koponyaüreg reliefjéről csak elvétve tesznek nehány megjegyzést, pedig a vénás sinusok tájanatomiai viszonyainak behatóbb vizsgálata céljából elsősorban az őket befogadó és a koponyaüreg falát alkotó csontok barázdáinak és csatornáinak ismerete szükséges. Az ezekre vonatkozó vizsgálataim főbb adatait a következő pontokban foglalom össze.

1. A nyakszirtbütykök belső felületén nasodorsalis irányban haladó *canalis condyloideus* caudalis nyílása kutyán gyakran *kettős*. Oralisan e csatorna rendesen két lyukban végződik, melyek közül az egyik a főcsatorna nyílása, a másik a nasoventralis ágáé. A két oralis nyílás között *járulékos lyuk* (l. a 2. képen *b*), illetőleg lyukak

is előfordulnak. Ezzel szemben a két oralis nyílás néha *egységesen* is található, ez esetben a főcsatorna folytatásában levő sulcus condyloideus lehúzódik ventralisan a foramen jugularen át a fissura petrobasilaris üregébe (l. a 2. képen *c* és *d*).

2. A canalis condyloideus folytatásában levő *sulcus condyloideus* (l. a 2. képen *a* és *b* 5) a meatus temporalis barázdarészébe vezet. Torkolatát esetenkint a barázda fenekéről kiemelkedő *csontléc* kettéosztja. Ebbe a barázdába torkollik néha, két csontél között haladva, a sinus petrosus dorsalis barázdája.

3. A sulcus condyloideusból a *foramen supramastoideum* (l. a 2. képen *6*) a koponya nyakszirti felületére vezet. E lyuktól kezdődően a halántékcsont csecsnyúlványi és pikkelyrészén át a nyakszirtpikkelyre húzódó *sulcus nuchalis externus* halad a linea nuchalis superior felé. Az occipitale felső élét elérve medialisan kanyarodik, majd a középsíktól csekély távolságra a canalis transversusba, *foramen nuchale canalis transversi*, vagy a nyakszirtpikkely diploëjában, vagy a fossa vermianaba vezető lyukban végződik.

4. A foramen supramastoideumtól kiindulóan a nyakszirtpikkely belső felületén is húzódik egy dorsomedialis irányú barázda, *sulcus supramastoideus* (l. a 2. képen *b* 8), melynek folytatásában a canalis supramastoideus vezet a canalis transversusba.

5. A halántékjárat, *meatus temporalis*, patkóalakú csatorna, melynek két páros és egy páratlan része van. A két páros rész a két canalis temporalis lateralis, a páratlan rész a canalis transversus.

6. A *canalis temporalis lateralis*nak két csatorna- és egy barázdarésze van. A ventralis kezdeti csatornarésze a halántékpikkely és a sziklacsont között fut le (l. az 1., 3. és 4. képen *4*). A középső barázdarész a halántékpikkely és a csecsnyúlványi részen a koponya belső felületén dorsomedialis irányban húzódik (l. az 1., 3. és 4. képen *5*). E barázdarész irányában halad a sziklacsont nagyagyvelői felületén két barázda, melyek közül az egyik a crista petrosa szabad széle közelében fut le, a másik mintegy e felület közepén. A halántékjárat barázdarészének képzéséhez esetenkint a falcsont is hozzájárul. A dorsalis végső csatornarészt a parietale az occipitaleval közösen adja (l. az 1., 3. és 4. képen *6*), de előfordul, hogy csupán a parietaleban halad.

7. A halántékjárat középső median összekötő részlete a *canalis*

transversus, melyet az occipitale és az interparietale zár közre. E csatornából a *foramen impar meatus temporalis* (l. a 3. képen *2*) vezet a koponyaüregbe; e lyukat néha hosszabb-rövidebb canalis sagittalis helyettesítheti. A foramen impar nem mindig a mediansíkban, hanem tőle kisebb-nagyobb távolságra is helyeződhet. A páratlan lyuk *kettőzöttsége* is előfordul. *Crista saggittalis interna* a kutya koponyáján legfeljebb az interparietalenak megfelelően található. A foramen impartól a nyílvarrat mentén húzódó barázda, *sulcus sagittalis*, szélei kevéssé kifejezettek.

8. A *basalis* csatorna- és barázdarendszer caudalis tagja a canalis condyloideusból a fissura petrobasilarisba vezető *canalis condyloideus ventralis*, mely esetenkint nem különül el a főcsatornától, hanem vele közösen a sulcus condyloideusba nyílik. A bütyökbarázda ily esetben a foramen jugularen át a fissura petrobasilaris üregébe vezet.

9. A *fissura petrobasilaris* üregében a basioccipitale lateralis szélén haladó barázda nasalisan *canalis petrobasilaris*sá zárul. E csatorna a basioccipitale lateralis széléről a dorsalis felületére kanyarodva a *foramen petrobasilare*val nyílik a koponyaüregbe.

10. A foramen petrobasilaret a fissura orbitalissal a *sulcus basalis* köti össze; e barázda szélei szakaszonkint többé-kevésbbé élesen elhatároltak.

11. A *canalis caroticus* a canalis petrobasilarisszal párhuzamosan halad. Caudalisan a fissura petrobasilarisból nyílik, nasalisan két lyukban végződik: a foramen caroticum internummal és a foramen caroticum externummal, utóbbi előbbre, a belső lyukhoz képest nasalisan foglal helyet.

Irodalom.

1. Bradley O. Ch., Topographical Anatomy of the Dog. II. Edition. London, 1927.

2. Brückner C., Die Kopfarterien des Hundes unter spezieller Berücksichtigung derer des Bulbus und der Schädelhöhle. Inaug. Diss. Dresden, 1909.

3. Dennstedt A., Die Sinus durae matris der Haussäugetiere. Inaug. Diss. Wiesbaden, 1903.

4. Dexler, H., Über die constitutionellen Hydrocephalie beim Hunde. Tierärztl. Arch. Bd. III, 103—269. 1923.

5. ELLENBERGER-BAUM, Systematische und topographische Anatomie des Hundes. Berlin, 1891.

6. ELLENBERGER-BAUM, Handbuch der vergleichenden Anatomie der Haustiere. 17. kiad. Berlin, 1932.

7. HAUCK, E., Besteht eine Beziehung zwischen der Muskelentwickelung und dem Vorhandensein des sogenannten Bulla mediana beim Hunde? Wiener Tierärztl. Monatschr. Bd. II. 312—14., 1915.

8. HINZ, V., Anomalien der Schädelbildung bei Rassehunden durch die Einwirkung der Zucht. Berliner Tierärztl. Wochenschrift. Bd. 35. 269—271. 1919.

9. LESBRE, E., Précis d'anatomie comparée des animaux domestiques. Paris, 1923.

10. MANNU, A., Il confluente dei seni della dura madre le suo variazioni e il suo significato. Internat. Monatschr. für Anat. und Physiol. Bd. XXIV. 304—395. 1907.

11. MARTIN, P., Lehrbuch der Anatomie der Haustiere. Bd. IV. Stuttgart, 1923.

12. MOBILIO, C., Della circolazione venosa della testa negli equini. Tesi di lib. doc. Torino. 1909.

13. MOBILIO, C., Della circolazione venosa della testa. Arch. Scientif. della Regia Soc. ed Accad. Vet. Italiana VII. kötet 3—34. 1909.

14. MONTANÉ, L.-BOURDELLE, E., Anatomie régional des animaux domestiques. Paris, 1913.

15. RUEDI, Topographie, Bau und Funktion der Art. carotis interna des Pferdes. Inaug. Diss. Zürich, 1922.

16. SHINDO, T., Über die Bedeutung des sinus cavernosus der Säuger mit vergl. anatom. Berücksichtigung anderer Kopfvenen. Anat. Hefte. Bd. LII. 319—495, 1915.

17. SISSON, S., The Anatomy of the domestic Animals. II. Edition Philadelphia. London, 1914.

18. SZAKÁLL GY., A koponyaüreg vivőereinek bonctana a háziállatokban. Közl. az összehasonlító élet- és kórtan köréből. III. kötet 142—161, 1899.

19. ZIETZSCHMANN, O., Handbuch der Anatomie des Hundes. Bd. I. Berlin, 1936.

20. ZIMMERL U.-BRUNI A. C.-CARADONNA G. B.-PREZIUSO L., Trattato di anatomia veterinaria. Milano, 1929—30.

21. ZIMMERMANN A., Háziállatok anatomiája. II. kiadás. Budapest, 1923.

22. ZIMMERMANN, G., Über die Dura mater encephali und die Sinus der Schädelhöhle des Hundes. Zeitschr. für Anatomie und Entwicklungsgeschichte. Bd. CVI. 107—137. 1936.

(A M. T. Akadémia III. osztályának 1936. nov. 23-án tartott üléséből.)

BEITRÄGE ZUR VERGLEICHENDEN OSTEOLOGIE DER SCHÄDELHÖHLE.

(Inneres Relief des Hundeschädels.)

Von Dr. GUSTAV ZIMMERMANN.

Die über das Sinussystem der harten Hirnhaut vorhandene Arbeiten berücksichtigen kaum die Furchen und Kanäle, in welchen die Blutleiter verlaufen, d. h. das Relief der Schädelhöhle. Eine eingehende topographisch-anatomische Untersuchung dieser Blutleiter erfordert unumgänglich das Kenntnis der Furchen und Kanälen, in welchen diese verlaufen.

Von diesen sinusführenden Kanälen zieht der *Canalis condyloideus* an der Innenfläche der Seitenteile des Hinterhauptbeins in dorsonasaler Richtung. In seiner Fortsetzung befindet sich eine gleichgerichtete Furche, die in den Schläfengang mündet. Der Canalis condyloideus gibt einen ventralen Ast ab, der in die Fissura petrobasilaris führt. Ausserdem findet man gelengentlich noch einen Zweig, welcher in das Foramen hypoglossi externum mündet. Statt einer zweigeteilten nasalen Öffnung des Canalis condyloideus kann jedoch *eine einheitliche Mündung* vorhanden sein, in anderen Fällen wieder noch *ein drittes accessorisches Loch*, das zwischen den zwei, regelmässig vorhandenen gelagert ist.

Aus dem Sulcus condyloideus führt das *Foramen supramastoideum* zum Anfang des *Sulcus nuchalis externus*. Diese Furche ist auf die Hinterhauptsfläche des Schädels dorsal gerichtet, sie erreicht die Linea nuchalis superior und biegt sich unter der Muskelansatzstelle des Zwischenscheitelbeins in medialer Richtung. Hier tritt sie mit dem Canalis transversus oder mit der Diploë der Hinterhauptsschuppe in Verbindung.

An der Schädelinnenfläche führt vom Foramen supramastoideum gelegentlich noch eine Furche, der *Sulcus supramastoideus*, dorsomedial zum Canalis transversus, sein Endteil erscheint als ein geschlossener Canal, der Canalis supramastoideus.

Der *Schläfengang, Meatus temporalis*, stellt einen hufeisenförmigen Kanal dar, an dem zwei paarige und ein unpaarer Teil zu unterscheiden ist. Die beiden paarigen Teile sind die zwei Canales temporales laterales, der unpaare Teil jedoch der Canalis transversus.

Der *Canalis temporalis lateralis* weist zwei Kanalteile und einen Rinnenteil auf. Der ventrale Anfangsteil (Kanalteil) liegt zwischen der Schläfenbeinschuppe und dem Felsenbein. Der mittlere Rinnenteil zieht an der Schädelhöhlenfläche der Schläfenbeinschuppe und der Pars mastoidea des Felsenbeins hinweg. In der Richtung des Rinnenteils des Schläfenganges bemerkt man zwei Rinnen an der Grosshirnfläche des Felsenbeins, die eine in der Nähe des freien Randes der Crista petrosa, die andere annähernd gegen der Mitte dieser Fläche.

An der Bildung des Rinnenteils des Schläfenganges nimmt auch das Scheitelbein m. o. w. teil. Der darauffolgende Kanalteil wird von diesem und der Hinterhauptsschuppe begrenzt, oder aber allein nur vom Scheitelbein gebildet.

Der unpaare Medianteil des Schläfenganges ist der *Querkanal, Canalis transversus*, der vom Occipitale und vom Interparietale gebildet wird. Aus diesem Kanal führt in manningfaltiger Weise das unpaare Loch, *Foramen impar*, in die Schädelhöhle; das Loch wird häufig von einem m. o. w. langen *Canalis sagittalis* ersetzt. Vom Foramen impar zieht der Pfeilnaht entlang der Sulcus sagittalis. Eine *Crista sagittalis interna* ist gelegentlich im Bereiche des Interparietale als einseitige Berandung des Foramen impar vorhanden. Entlang der Pfeilnaht ist keine Gräte zu bemerken.

Der *ventrale Zweig* des *Canalis condyloideus* gehört zu jenen Kanälen, die das basale Sinussystem aufnehmen. Er mündet in die *Fissura petrobasilaris*, wo er sich am Rande des Basioccipitale fortsetzt. Von der Fissura petrobasilaris zieht der *Canalis petrobasilaris* in nasomedialer Richtung sich wendend und mündet mit dem *Foramen petrobasilare* in die Schädelhöhle. Von dieser Stelle

aus führt der Sulcus basalis in die Fissura orbitalis; die Ränder dieser Rinne sind nur in ihren einzelnen Abschnitten deutlich.

Der *Canalis caroticus* bildet eine Parallelschaltung zum Canalis petrobasilaris, von welchen er durch eine dünne Knochenplatte der Pars tympanica des Felsenbeins getrennt wird. Der Canalis caroticus besitzt nasal zwei Öffnungen, von denen die eine auswärts, die andere in die Schädelhöhle hineinführt.

(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften vom 23. November 1936.)

ADATOK A MACSKA VESÉJÉNEK ANATOMIÁJÁHOZ.

ZIMMERMANN ÁGOSTON r. tagtól.

(Két képpel.)

A macska veséi több tekintetben (helyzetük, nagyságuk zsírtartalmuk, vérereik stb.) olyan sajátságokat tüntetnek fel, hogy érdemesnek látszott azokkal behatóbban foglalkozni. Ezért négy év előtt egyik tanítványom, FERKE FERENC, aki a házimacska uropoëtikus készülékéről készített dolgozatot, arra vonatkozó adatait és a vonatkozó irodalomban talált feljegyzéseket nagyobb anyagon ellenőrzővizsgálatnak vetettem alá, miközben azokat több érdekes újabb megállapítással kiegészíteni, illetőleg helyesbíteni sikerült (7).

Vizsgálataim 50 macska veséire vonatkoznak, ezek között öt fetalis, három újszülött szerepel, a többi kifejlett, különböző fajtájú, korú, nagyságú és nemű macskából származott.

A macska veséinek *topographiai anatomiai viszonyai* nagyon változóak. E vesék az ágyéktájékon laza, zsírdús hashártyakettőzettől körülfoglalva *extrathoracalisan* találhatók és a vándorvesékhez hasonlóan könnyen ide-oda tólhatók (2).

A hasüregbe fecskendezett 20%-os formalinnal rögzített hullákon a jobbvese előbbre, kissé még intrathoracalisan, az 1—4. ágyékcsigolya alatt foglal helyet, a balvese hátrább a 2—5. ágyékc igolya alatt lóg be a hasüregbe.

A *jobboldali* vese dorsalis felülete a musculus quadratus lumborumon, m. iliopsoason és m. psoas minoron, illetőleg ezek alatt fekszik, lateralis széle túlterjed az ágyékcsigolyák harántnyulvá

nyain és ezért intra vitam hozzáférhető a tapintásnak. Az ágyékizmokhoz csupán a medialis fele fekszik hozzá, míg lateralis fele és az ágyékizmok között laza, zsírdús kötőszövettel kitöltött tér található. Lateralis széle erősen ívelt, margo arcualis, és ventrolateralisan irányul, a hasfallal szomszédos. A jobboldali vese cranialis polusának ventralis felületét a máj SPIGEL-féle lebenye borítja, a kettő között a formalinnal rögzített készítményben alig marad egy 1—2 mm széles rés. A macska jobbveséje ventrocaudalisan a pankreas és ventrolateralis széle alatt az epésbél foglal helyet, mely utóbbinak pars decendense a jobbvese caudalis polusát érinti és evvel a *plica duodenorenalis*nak nevezett hashártyakettőzettel összeköttetésben áll. E régebben ligamentum duodenorenalenak nevezett hashártyaredő a jobbvese hilusánál a plica hepatorenalisba megy át, mely azután a jobbvese cranialis polusát a májhoz fűzi. Dorsocranialisan a rekesszel határos a jobbvese és elülső vége közelében a májveseszalagon túl a hátulsó üres vena foglal helyet.

A *baloldali* vese ugyancsak az ágyékizmon fekszik. Ventralis felületének elülső harmada befedi a hasnyálmirigy bal lebenyét, cauda pankreatis, középső harmada a cseplesszel érintkezik és caudalis harmadánál éhbélkacsok találhatók. A balvese ventrolateralis szabadszélét ívben a lép veszi körül, mellyel a *plica renolienalis*, azelőtt ligamentum renolienalenak nevezték, köti össze. Medialis széle caudalisan a colon descendenssel találkozik. Miután a macska balveséje a középsíktól kissé távolabb esik, nem érinti a mellékvesét úgy, mint a jobboldali vese. A macska baloldali veséje teljesen extrathoracalisan foglal helyet.

A két vese között a hasi aorta és a hátulsó üres vena található, ugyanott van a bélfodor gyökere.

A macska mindkét veséjének aránylag nagy a *vastagsági átmérője*, ezért kissé gömbölydedek, egyébként babalakúak. Dorsalis felületük laposabb, medialis szélükön a vesehilus közelebb esik a dorsalis felülethez. A jobboldali vese lateralis, szabad széle erősebben ívelt, mint a baloldali. A hím, a nőnemű és a herélt macska veséinek *alaki viszonyai* között eltérés nem állapítható meg.

A macska veséinek *nagysága* nagyobb ingadozásoknak van alávetve, hasonlóképen súlyviszonyai is nagyobb eltéréseket mutat-

nak. Ez eltérések éppenúgy, mint a macska veséinek *színbeli* eltérései leginkább az életkorral, ezenkívül az állat nemével állnak összefüggésben.

A kifejlett hím macska, a kandúr veséi világossárgás, szürkesárga színűek, evvel szemben a kifejlett nőstény macska veséi vöröses színárnyalatot tüntetnek fel. A herélt állatok veséinek színe a kettő közötti színárnyalatnak felel meg, de mégis inkább a hímek veseszíne felé hajlanak. Fiatal macskákon azonban a vesék színén ilyen különbség nem állapítható meg, hanem úgy a hím, mint a nőstény macskakölykök veséi vöröses, sárgásvöröses színűek; idősebb korban a sárga szín jobban előtűnik (4).

A macska veséi általában *nagyok*. Hosszuk 19—45 mm, szélességük 12—32 mm. között váltakozik, a baloldali vese többnyire valamivel kisebb, rövidebb és keskenyebb, mint a jobboldali és csak ritkán fordul elő ennek ellenkezője. E különbség azonban jelentéktelen, alig számba jövő. A macska jobbveséjének hossza a haladó korral eseteinkben valamivel erősebben csökkent, mint a baloldalié, idősebb macskák veséi általában kisebbek. Kisebb testű macskák veséi is aránylag nagyok(3). A kandúr veséi nagyobbak, mint a nőstényé, melynél a herélt macska veséi is nagyobbak (ugyanolyan korú és nagyságú állatokon mérve), a különbségek idősebb állatokon szembeötlőbbek, bár ezeken is a differencia maximalisan 3—5 mm-t tesz ki.

A macskavese *súlya* 3·5—36 g között ingadozik. A bal- és jobboldali vese súlya között általában nem állapítható meg nagyobb különbség, egyes esetekben a jobboldali vese egy-két grammal nehezebb. A nem szerint a vese súlya úgy, mint a nagysága, a hímnem felé mutat némi eltolódást, már a fiatal kandúr veséi is nagyobb súlyúak, mint a nőstényéi, hol ugyanolyan testsúly mellett, 3—8 g differencia mutatható ki, a herélt macskák veséinek súlya nagyobb, mint a nőneműeké. A haladó korral a macskavesék súlyának nemszerinti különbsége növekedik, idős kandúr veséi aránylag jóval súlyosabbak, mint idős, ugyanolyan testsúlyú nőstény-macskáé, itt 10 g-os különbség is előfordul. Megállapítható továbbá, hogy a testsúly gyarapodásával a vese *absolut súlya* is növekedik. A vese súlyának a testsúlyhoz való viszonya a macskán 1 : 170, (lovon 1 : 500—700, emberen 1 : 200—240); *relativ súlya* 0·5—1·7%,

nagyobb az újszülöttben és a fiatal korban, csökken a kifejlett macskákon és ismét növekedik az öregekben, az 5 éves koron túl(4). A kandúr veséinek relativ súlya is nagyobb, mint a nőstény macskáé, a legkisebb azonban a herélt macskák veséinek a test súlyához viszonyított (relativ) súlya. Öreg, 10 éven felüli macskák veséin nagyobb súlycsökkenéssel járó öregkori sorvadást, atrophia senilis renis, nem sikerült megállapítani.

A macska veséinek *felülete* sima, csupán a vénák nyomulnak be a kéregállományba, a vese szabad széle felől a veseköldök felé húzódva.

A vese három *burka* közül a hashártya mint *savósburok* a macska veséjét, dorsalis felületét kivéve, teljesen bevonja, csak dorsalis része fekszik extraperitonealisan. A hashártyán belül laza zsírdús kötőszövet, a pararenalis *capsula adiposa* következik, mely különösen a vese köldökében és a caudalis poluson erősen fejlett, míg a vese ventralis felületén csak zsírcsíkok alakjában követhető. A macska vesekörüli zsírja sárgás színeződésű (6). Végül a vese tulajdonképen, rostos tokja, *tunica v. capsula fibrosa*, vékony, erős, feszes és belőle a subfibrosaval sok vena halad a vese hilusa felé, ezért a macskavesék felületéről aránylag nehezebben vonható le a perirenalis szövet.

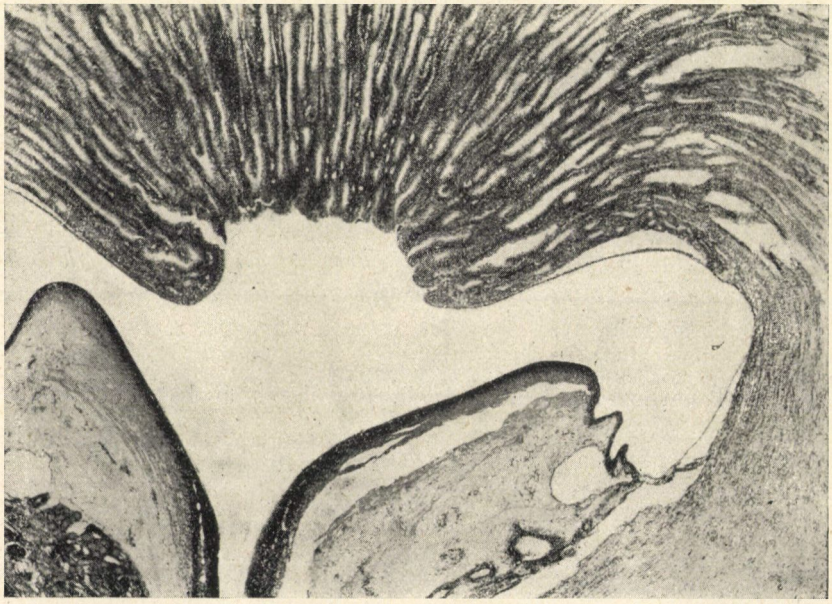
A macskavese metszéslapján a periferiás *kéregállomány* barnavörös, idősebb macskákén inkább sárgás árnyalattal, melyben a szemecskés szerkezet szabad szemmel nehezebben ismerhető fel, inkább a fiatal macskák veséinek periferiás részén. A kéregállomány vastagsága 2—5 cm, tehát aránylag nagy, a későbbi korban némileg csökken.

A *velőállomány* halványabb vörös, elvéreztetett macskákén szürkés árnyalattal. Vastagsága 0·6—1 cm. A vesekéreg felé húzódó velősugarak világosabb, szinte csillogó vonalak alakjában különböztethetők meg. Az 5—7 velőpyramis vaskos, aránylag nagy veseszemölcsbe fut össze, melynek tompa hegyén a kerek area cribrosa található. A velőállomány külső részén sötétebb színével a *határállomány* különböztethető meg, melynek vastagsága a macskavesén 2—4 mm.

A hosszantcsíkolt *veseszemölcs* a vese öblébe nyúlik be, mely utóbbi a macska veséiben is úgy, mint a kutyáéiban kétoldalt ki-

öblösödik, *recessus terminales* alakjában. Ezek ugyan kisebb terjedelműek, mint a kutya veséin, de annak ellenére, hogy egyes szerzők nem írják le vagy kételkednek bennök, kétségtelenül minden macskavesén megtalálhatók, az 1. képen reprodukált mikrophotographia tanúsága szerint.

A macska veséinek vérrel ellátása a következő (8). A *vese-arteriák* a második ágyékcsigolyánál hagyják el a hasi aortát és



1. kép. Veseszemölcs, vesemedence és vesejáratok, recessus terminales.

nem ritkán már a vese köldökében két törzsre oszlanak, melyekből a vese velőállományában a velőpyramisok között a BERTIN-féle oszlopokig haladó arteriae interlobarest adják. A határállományban, melyet érzónának is neveznek, az aa. interlobares ferdén, kissé ivelten behajlanak, e folytatásuk a régi aa. arciformes (MÖLLENDORFF *aa. terminales*nek nevezi), ezekből indulnak ki az aa. interlobulares (aa. corticales radiatae a jenai nomenklatura szerint), melyek a kéreglebenykék között a felület felé tartva számos oldalágat, vasa afferentia (arteriolae afferentes) bocsátanak, csodarecé-

ket, a glomerulusokat képezik és ezután a vasa efferentiaba (arteriolae efferentes) összeszedődve hajszálérrecébe oszlanak szét, részben pedig az aa. rectae spuriaeba folytatódnak. A macska veséiben sikerült, Mc CALLUM és BARTLETT leírásával szemben, több esetben corrosiós készítményeken *aa. rectae veraet* is kimutatni, melyek még a csodarece előtt hagyják el a terminalis arteriakat. A kéreg-velő-határon kivételesen *arteriovenás anastomosis*ok is előfordulnak. De kevés kivétellel a vese egész vére átmegy a glomerulusokon.

A vese *vénái* a hátulsó üres véna ágai, melyek a harmadik ágyékcsigolya táján erednek, a jobboldali gyakran 1—3 mm-rel előbb, mint a baloldali. A vesearteriához hasonlóan a vesevénák is a veseköldökben korán oszlanak és további lefutásukban a vesearteriák elágazódását követik. Jól jellegzett, ívelt lefutást tüntetnek fel a *venae arciformes*ek és nem találhatók a macska veséinek felületen kifejezett csillagalakú vénák, a *vv. stellatae Verheynii hiányzanak*. Evvel szemben a macska veséjének felületéről másodlagos harántirányú ágak szedik össze a vénákat, melyek a vese tokja alatt a felületen barázdákba mélyednek be, a kardalakú erekkel párhuzamosan haladnak, függőleges ágakat bocsátanak és durvább anastomosisokat képeznek. E felületes, *capsularis vénásrendszer*t, melyet nem kísérnek arteriák, a *veseverőceérrendszer* maradványának lehet tekinteni, a vese belsejében nem áll közvetetlen összeköttetésben a mély vénás systemával, hanem inkább a szomszédos szervek érrendszerével, erről egy másik dolgozatban részletesebben (így Halakon, Amphibiumokon, Reptileken, madárembryokon is).

A macska veséjének *szöveti szerkezetét* fagyasztott és celloidinmetszeteken, WEIGERT-féle vashaematoxylin-, van GIESON-féle pikrofuchsin-festés után, a rugalmas rostjait resorcinfuchsin, a zsír kimutatását sudan III.-festéssel tanulmányoztam; az erek elosztódását injectiós és corrosiós készítményeken, továbbá átlátszóvá tett veséken vizsgáltuk.

A következőkben először a vese csatornarendszerét, azután kötőszöveti állományát a tokjával együtt ismertetem.

A vese csőrendszerében a végdarabok osztatlanok, el nem ágazódnak, e részét nevezik *nephron*nak, másik részét a gyüjtő

csövek vagy kivezetőrendszer képezi, melyet sokszoros elágazódás jellemez. Az előbbi rész, a nephron, a metanephrogen szövetből, a vese kivezető rendszere a KUPFER-féle ureterbimbóból vagy vesecsőből fejlődik, úgyhogy e felosztás fejlődéstanilag is indokolt (9).

A nephron a kéregállományban a *Malpighi-testecskében* veszi kezdetét. A kifejlett macska veséiben a Malpighi-testecskék csak-

2. kép. Fiatal macska veséje; a Malpighi-féle testecskék periferiás helyeződése.

nem egyenletesen elosztva találhatók a kéregállományban, evvel szemben az embryonalis és praenatalis macskavesében a kéregállomány perifériáján sűrűbben helyezkednek el (l. a 2. képen). Számuk, sorozatmetszeteken minden tizediken megszámlálva, kb. 400,000 (PETER szerint több: 460,000), átmérőjük 125μ, a velőállományhoz közelebb eső Malpighi-testecskék valamivel nagyobbak. Az érgomolyt, a glomerulust körülfoglaló BOWMAN- *vagy* MÜLLER-*féle tok* alapi hártyáján az egyrétegű, mesodermás eredetű hám kezdetben hengeralakú, csakhamar ellapul, sőt később szinte

endothelszerűvé lesz. A BOWMAN-tok parietalis lemezén magasabb a hám, mint az érgomoly mellett levő, nem ritkán egészen megtartotta köb alakját. BOWMAN-tok nélküli érgomolyt egy esetben sem észleltünk. A nephronnak a tokot követő *nyaka* aránylag kevéssé különül el, különösen fiatal macskák veséjében elmosódottan tűnik fel; alacsonyhám béleli.

A *kanyarulatos vesecsatornácskák*, a fődarab pars convolutaja a Malpighi-testecskéken túl, többnyire ezek oldalán foglalnak helyet a kéregállományban, hengerhámjuk szabad szélén csíkolt szegély, világosabb alapi részükben nagy kerek mag, egy vagy több nucleolusszal található. Szegélyük egyes csövecskék ürébe kúpszerűen beemelkedik.

A csőrendszer e szakaszában a macskavese egy jellemző sajátsága tűnik elő. Feltűnő nevezetesen a macska veséjének nagy *zsírtartalma*, melyre GLUGE már 1843-ban hívta fel a figyelmet és azóta többen foglalkoztak vele (FÖRSTER 1862, SCHWEIGER-SEIDEL 1865., K. W. ZIMMERMANN 1911., PFEIFFER 1911. (5), VITT 1920. (6), GYGAX 1934. (4). A zsír különösen a kéregállományban, közelebbről a kanyarulatos vesecsövek hengerhámsejtjeiben fordul elő, hol aránylag vaskos zsírcseppek különböztethetők meg. A BOWMANN-tok és a nyak hámjában ritkábban, kivételesen, akkor is legfeljebb a tok parietalis magasabb hámsejtjeiben található kevés, nehány zsírcsepp. Fiatal macskák veséiben kevesebb zsír állapítható meg, de a zsír előfordulása a macska kanyarulatos csöveiben állandó jelenség, még *lesoványodott* macskák veséiben is kimutatható, *physiologiai*, nem kóros jelentőségű. A zsírcseppek, különösen a nagyobbak, a hengeres sejtek basalis részében foglalnak helyet. A HENLE-féle kacs hámsejtjeiben már sokkal kevesebb, ritkább a zsír, sőt teljesen zsírmentes sejtek is találhatók itt nagyobb számban. Egyébként a zsír e sejtekben finomabb cseppekben és ritkábban, elszórtan mutatkozik. Az egyenes vesecsövek hámsejtjei zsírmentesek a macskában, evvel szemben kutya veséiben SCHACHOWA és PETER éppen az egyenes vesecsatornákban észlelték a zsír előfordulását. A macska egyenes csöveinek lumenében, éppen így a HENLE-féle kacs tágas ágaiban is találhatók zsírhengerek, melyek nyilván feljebb a kanyarulatos vesecsatornák hámsejtjeinek kiválasztó működése útján jutottak ide (3). A velő-

állományban levő vesecsövek hámsejtjeiben csak a legritkábban, egy-két esetben sikerült nagyon kevés zsír nyomait megállapítani, csupán a csövek lumenjét tölti ki homogen zsír.

Egyébként a HENLE-*kacs* hámsejtjei hengeresek vagy sokszögletűek, nagy kerek maggal, a tág lumen felé pálcikaszegéllyel. A gyüjtőcsövek, a *tubuli recti* és *ductus papillares* magas, keskeny, finoman szemecskés hámsejtjeiben a magot világosabb udvar veszi körül. A veseszemölcsön az *area cribrosa* kereken 200 nyílást tüntet fel.

A vesecsövecskék hámsejtjei finom, vékony *basalis hártyán* foglalnak helyet, melyben fibrillaris szerkezet vehető észre, ez a vese kismennyiségű *interstitium*ával áll összeköttetésben.

A macska veséjében csak kevés kötőszövet található, inkább az alapi hártya és különösen az erek szomszédságában, azután a vese velőállományában már a veseszemölcs felé. A vese rostos tokjában *rugalmas rostok*at is sikerült kimutatni, úgyszintén sima izomelemeket is találtunk. Néha elszórtan a macska veséjének interstitiuma is foglal magában nehány zsírcseppet, az erek fala azonban mindenkor zsírmentesnek mutatkozott. LEHMANN és TREUTLEIN szerint az ember veséinek zsírtartalma 1·2—1·9%, a marháé 2·2—2·8%, a kutyáé 4·2—5·2%, a macskáé 3·6—6·5% (2).

*

Az ismertetett vizsgálatok adatai röviden a következőkben foglalhatók össze:

A macska aránylag nagy, vastag, sima egypapillás veséinek *topographiai* viszonyai változóak, helyzetük labilis, extrathoracalisan az ágyéktájékról lazán, mozgathatóan lógnak be a hasüregbe.

A macska veséi *sárgás szín*árnyalatot tüntetnek fel, mely a nősténye kén a vörösbe hajló, fiatalokon is vöröses a vese színe.

A macska veséinek *nagysága* tág határok között ingadozik, de veséi általában nagyok, nagyságuk a testnagysággal fordított viszonyban áll.

A macskavese *súlya* az életkorral növekedik, e mellett nemszerinti különbséget mutat, a hímnem felé eltolódással, ugyanolyan testsúly esetén a kandúr veséinek absolut *súlya* jóval nehezebb, mint a nőstény macskáé, melynél a herélté is súlyosabb. A macska-

vese *relativ súlya* a testsúlynak 0·5—1·7 %-a, újszülött macskán több, de öregkorban sem kisebb.

A macskavese *öble* kétoldalt kitüremkedik *recessus terminales* alakjában.

A macska veséiben sikerült corrosios készítményeken *arteriae rectae veraet* kimutatni, melyek előfordulását Húsevőkön kétségbevonták (a glomerulus előtt hagyják el a terminalis arteriákat).

VERHEYN-féle csillagok nincsenek a macskavesén, ellenben a vesetok alatt haladó és arteriáktól nem kísért vénás rendszer a *veseverőceérrendszer* maradványául tekinthető.

Feltűnő a macska veséinek *zsírban való gazdagsága*, e zsír jórészt a kanyarulatos vesecsövek hámsejtjeiben foglal helyet, ezek választják ki, a kivezetőrendszer űrében zsírhengerek találhatók. A zsír megjelenése a macska veséiben *physiologiai*, nem kóros jelenség; lesoványodott macskákon is kimutatható, néha az interstitiumban is előfordul, de nem az erek falában.

A macskavese rostos tokja *rugalmas rostok*at is foglal magában.

Irodalom.

1. DISSE: Harnorgane. In Bardeleben's Handbuch der Anatomie des Menschen, VII. Band, 1. Teil. Jena, 1902.

2. ELLENBERGER-BAUM, Handbuch der vergleichenden Anatomie der Haustiere. XVII. Auflage. Berlin, 1932.

3. NIEBERLE-COHRS, Lehrbuch der speziellen pathologischen Anatomie der Haustiere. Jena, 1931.

4. GYGAX, Über Grössen- und Verfettungsverhältnisse bei Katzennieren. Inauguraldissertation. Bern, 1934.

5. PFEIFFER, Über den Fettgehalt der Niere. Inauguraldissertation. Berlin, 1911.

6. WITT, Untersuchungen über Vorkommen und Bedeutung von Fett in der Nieren der Katzen. Inauguraldissertation. Hannover, 1920.

7. ZIMMERMANN, Über die Niere der Hauskatze (Felis domestica Briss.). Deutsche Tierärztliche Wochenschrift 43. Jahrgang, Nr. 44.

8. Ugyanaz, Háziállatok anatomiája. II. kiadás. Budapest, 1923.

9. Ugyanaz, Fejlődéstan. II. kiadás. Budapest, 1922.

(A M. T. Akadémia III. osztályának 1936. nov. 23-án tartott üléséből.)

ZUR ANATOMIE DER KATZENNIERE.

Von A. ZIMMERMANN, o. Mitglied.

Die verhältnismässig *grosse*, dicke, glatte einwarzige Katzenniere weist eine ziemlich *labile* Lage auf, sie hängt von der Lendengegend, *extrathorakal* gelegen, locker, beweglich in die Bauchhöhle hinein.

Die Katzenniere zeigt eine *gelbliche Farbe*, bei weiblichen Tieren mehr rötlich, ebenso im jugendlichen Alter.

Die *Grössenunterschiede* sind bei den Katzennieren ziemlich beträchtlich, im allgemeinen steht die Nierengrösse mit der Körpergrösse im verkehrten Verhältnis. Die männlichen Katzen besitzen grössere Nieren als die weiblichen. Rechte und linke Niere zeigen nahezu ganz gleiche Grössen.

Gleiche Verhältnisse findet man bezüglich des *Nierengewichtes*. Das absolute Gewicht der Nieren nimmt mit dem Alter zu. Bei gleichem Alter und Körpergewicht ist das absolute Nierengewicht des Katers höher, als jenes der weiblichen Katze, auch die Kastraten haben schwerere Nieren, als die weiblichen Tiere. Das *relative Nierengewicht* beträgt 0·5—1·7% des Körpergewichtes, bei Neugeborenen grösser, doch konnte auch im höheren Alter keine Abnahme des Nierengewichtes beobachtet werden.

Auch bei der Hauskatze konnten die beim Hunde vorkommenden *Nierengänge, Recessus terminales*, Ausstülpungen des Nierensinus nachgewiesen werden.

An Korrosionspraeparaten sind auch *Arteriae rectae verae* zu bemerken, deren Vorkommen bei Fleischfressernieren bezweifelt wurde (diese Aeste stammen aus den terminalen Arterien ohne Durchtritt durch die Glomeruli).

Venae stellatae Verheynii fehlen bei der Katze, doch soll das *kapsulare Venensystem* bei der Katzenniere, ohne Arterienbegleitung, als ein Überrest der *Nierenpfortaderzweige* angesehen werden.

Auffallend erscheint der *Fettreichtum* der Katzenniere, das Fett befindet sich in den Epithelzellen der gewundenen Harnkanälchen; die BOWMAN'sche Kapsel und die Epithelien der Sammelröhrchen sind in der Regel fettfrei, doch kommen in den Lichtungen der Sammelröhrchen homogene Fettmassen, Fettcylinder vor. Die Verfettung, das Vorkommen des Fettes ist in der Katzenniere eine *physiologische*, keine pathologische Erscheinung, sie kann auch bei allgemeiner Abmagerung nachgewiesen werden. Selten kommt Fett im Interstitium der Katzenniere vor, doch in der Gefässwand niemals.

In der Nierenkapsel der Katze konnten auch *elastische Fasern* nachgewiesen werden.

(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften vom 23. November 1936.)

A HYDRAMOEBA HYDROXENA (ENTZ) REYNOLDS ÉLETMÓDJÁRÓL (TÁPLÁLKOZÁS, BETOKOZÓDÁS).

SEBESTYÉN OLGÁ-tól, Tihany.

(A X—XII. táblán 28 ábrával)

TARTALOM:

I. Bevezetés: Irodalmi átpillantás. Előfordulás.
II. Tenyésztés.
III. Infectio: módja, lefolyása, különböző hydrafajok viselkedése.
IV. Táplálkozás: táplálék, táplálékfelvétel (álláb, szájkészülék).
V. Emésztés. Defaecatio.
VI. Néhány cytologiai megfigyelés (kristályok, fénytörő testek, granulák, contractilis vacuolum).
VII. Megjelenési formák. Limax-alak.
VIII. Plasmaáramlás és haladás sebessége.
IX. Betokozódás.
X. Discussio.
XI. Összefoglalás.
XII. Irodalom.
XIII. Ábramagyarázat.

I. Bevezetés: Irodalmi átpillantás. Előfordulás.

Ezt, az életmódja miatt olyan érdekes Amoeba-fajt Entz 1910 őszén a budapesti Városligeti-tóból származó *Pelmatohydra (Hydra) oligactis*on Pall. találta, s beható vizsgálat tárgyává téve cytologiáját és életmódját, leírta (1911, 1911 A, 1912, 1931, 1934). Wermel 1923 és 1924 őszén Moszkva mellett gyüjtött anyagon (a Hydra-fajt nem említi) cytologiájával foglalkozott (1925). Az irodalom szerint Észak-Amerikában *Pelmatohydra*

*(Hydra) oligactis*on és *Chlorohydra viridissiman* PALL. *(= Hydra viridis)* több helyen előfordul. Amerikai búvárok vizsgálata infectiós kísérletekre, a pathogenitás foka és pH összefüggésére, úgyszintén a magviszonyokra (karyokinesis) terjedtek ki (REYNOLDS és LOOPER 1928, REYNOLDS és THRELKELD 1929, THRELKELD és REYNOLDS 1929). Hazánkban az említett lelőhelyen kívül még Szeged környékéről vált ismeretessé (Tápai-érből származó, s hosszabb ideig aquariumban tartott P. o.-ról, GELEI J. in litt.). 1935 őszén balatoni *Pelmatohydra oligactis*on találtam meg. Noha 1930-tól kezdődően ismételten megvizsgáltuk a balatoni hydrákat, parazitikus Protozoákat keresve, legtöbb esetben *Kerona*, egy-két ízben *Trichodina* került elő, amoeba 1935-ig egyszer sem. 1935. október 3-án a tihanyi Kis-öbölben gyüjtött hínárral (*Potamogeton perfoliatus* és *Myriophyllum* sp.) tömegesen került a Magyar Biologiai Kutatóintézet aquariumaiba *Pelmatohydra oligactis*, egyes leveleken sűrű, mondhatni gyapjas bevonatot alkotva. E hydra-faj állani hagyott, nem cirkuláló balatoni vízben hónapokig megmaradt s elszaporodott. December 10. táján a hydrákon depressio jelei mutatkoztak, számuk feltűnően megfogyott s kitűnt, hogy legnagyobb részüket amoebák támadták meg. ENTZ professor felszólított, hogy különösen életmód tekintetéből, tanulmányozzam e szervezetet. Kedves kötelességemnek tartom, hogy neki ezért e helyen is köszönetet mondjak.

Az amoeba életmódját, kevés megszakítással, december végétől július közepéig tanulmányoztam. Az első négy hónapban naponta figyelemmel kísértem az infectio módját és lefolyását *Pelmatohydrán* és *Chlorohydrán*, az amoeba viselkedését tenyészetekben, viszonyát a hydrákhoz, táplálkozásmódját, megjelenésmódjának (habitus) változását a táplálék minősége és mennyisége szerint, helyváltoztató mozgásának és a plasma áramlásának gyorsaságát, valamint betokozódását. Néhány egyéb (cytologiai) megfigyelést is tettem.

II. Tenyésztés.

Hogy bármikor kellő mennyiségben rendelkezésre álljon e szervezet, *Pelmatohydrán* és *Chlorohydrán* tenyésztettem. Nagyobb aquariumban (75×30 cm, magasság 30 cm) megközelítőleg

természetes körülmények között a *Pelmatohydrák* és az amoebák hetekig életben maradnak, el is szaporodnak, de amint az egész hydraállomány fertőzötté vált, hamarosan elpusztulnak a hydrák és az amoebák is. (V. ö. ENTZ 1911A, p. 844, 1912, p. 25.) Ezért célszerű a «sterilis», azaz meg nem fertőzött hydrákból több elkülönített, kisebb tenyészetet állandóan fenntartani, hogy új tenyészetek bármikor megindíttathassanak.

Ez amoebáknak *Pelmatohydrán* való tenyésztésére alkalmas egy-egy 100 ccm ürtartalmú (4 cm átmérőjű, 9 cm magas) üveghenger (festőtubus), melynek mindegyikébe 3—6 kevéssé fertőzött *Pelmatohydrát* helyeztem. A tubusokat (4—6 darabot) nagyobb, vízzel telt aquariumba tettem (25×30 cm, magasság 25 cm), melyben a víz magassága kb. 4—6 cm-rel meghaladta a tubusok magasságát. Mert a hydra és az amoeba egyaránt érzékeny a víz koncentratio-változása iránt, ezért hosszabb ideig (okt. 3—dec. 14) állott Balaton-vizet használtam e tenyészetekhez. Mikor ez a víz elfogyott, a tenyészetek megujításánál eső- és balatonvíznek 10—14 napig állott és teljesen «megtisztult», keveréke (1 : 2 arányban), szintén megfelelőnek bizonyult. Az aquarium aljára 2—3 cm magasságban tisztára mosott balatoni kavicsot szórtam, O_2 szükségletről a vízbe tett *Myriophyllum*-ág gondoskodott. A hydrákat naponta egy-egy megfelelő nagyságú Daphniával etettem mindaddig, míg a táplálékot elvették. Amíg az aquarium fala tiszta volt, a hydrák táplálkoztak s az utólag betett «sterilis» vagy kevéssé fertőzött hydrák életben maradtak, a vizet változtatni nem volt szükséges. Ha azonban a víz elalgásodott (különösen tavaszi felmelegedés idején), azt 2—3 hetenként megújítottam. Amint a tubusok alján felgyülemlik a hydráktól elfogyasztott és kilökött Daphniák kitinburka, melyen Ciliáták, bacteriumok stb. elszaporodhatnak, a tubusokat kicseréljük; a hydrákat pipettával helyezzük át. Az üledéket érdemes mikroszkóp alatt megvizsgálni, mert az üres Daphniakitinburokdarabok között *Hydramoebák* lehetnek, esetleg betokozódottak is. A «szabad» amoebák inficiálásra és új tenyészetek beállítására is alkalmasak. E tenyészetek állapotát elégséges kéthetenként ellenőrizni s a szükséghez képest időnként egy-egy «sterilis» hydrát betenni a fertőzöttség folytonosságának fenntartása végett.

Közvetlen vizsgálatokhoz legcélszerűbb a hydrákat nedves kamrában tartott vájt tárgylemezen tenyészteni. (V. ö. Reynolds és Looper p. 26.) Erre a célra úgy *Pelmatohydra*, mint *Chlorohydra* alkalmas. E kultúrák hydráit külön táplálni nem szükséges. Célszerű azonban naponta, sőt, a fertőzöttség állapota szerint, gyakrabban is ellenőrizni. Ilyen módon tartott amoebás hydrákon a *Hydramoebák* csakhamar elszaporodnak, sok ízben a hydrát teljesen felfalják s rövid idő alatt nagymennyiségű amoeba nyerhető, elégséges még cytologiai vizsgálatok elvégzéséhez is. E kultúrákban az infectio lefolyása, a hydra és amoeba viselkedése közvetlenül megfigyelhető, rendszeresen és könnyen követhető mikroszkóp alatt is, róluk sorozatos jegyzetek készíthetők, s ha betokozódnak, u. a. példány élete napokon át tanulmányozható.

Úgy az aquariumba helyezett tubusos, mint a nedves kamrában elhelyezett tárgylemezes kultúrákat a laboratoriumban (hőmérséklet decembertől júliusig 15—25° C között ingadozott) világos helyen, de direkt napfénynek ki nem téve, tartottam, noha a téli hónapok alatt rövid ideig tartó direkt napsugárzás nem ártott azoknak.

III. Infectió.

A fertőzési lehetőség akkor a legnagyobb, ha a hydrát és az amoebákat kismennyiségű folyadékba helyezzük (v. ö. Reynolds és Looper p. 24), ezért célszerű az infectiót lupe alatt, vájt tárgylemezen oly módon végezni, hogy a vízcseppben lévő «sterilis» hydrához egy vagy több amoebát (ú. n. amoeboid- vagy limax-formát) teszünk. Már meggömbölyödött amoebákkal (l. 7. oldal) való inficiálás nem sikerült. Eredménnyel fertőztem *Plematohydra oligactis*t olyan (*Chlorohydrá*ról származó) amoebákkal, amelyek algás vízben 10—14 napig «éheztek». Ezek az «éhező» amoebák nagyon kis példányok voltak, bennük különböző eredetű táplálék volt. *Pelmatohydra oligactis*t tartalmazó tubusos tenyészet aljáról vett «szabad» amoebákkal szintén minden további eljárás nélkül fertőzhettem *Chlorohydrá*t, mely tenyészetek egy részében később bekövetkezett a betokozódás. Eredménnyel inficiáltam *Chlorohydrát Pelmatohydra oligastis*ról lemászott s csupán kristályokat tartalmazó, limax-alakú (v. ö. 12. old.) amoebákkal.

Az inficiálás a kétféle szervezet érintkezése pillanatában megtörténhet, az elszaporodás gyorsaságában azonban, úgy látszik, egyéni különbségek is mutatkoznak. Előfordul, hogy a már megtapadt amoeba a hydrát később elhagyja és a gazdaállat a «bántalmat» hamar kiheveri. Ugyanaz a hydra ismételt infectio-kísérlet ellenére is «sterilis» maradhat. Leggyakoribb a fertőzés a karokon (v. ö. REYNOLDS és LOOPER p. 24), de az oldalfalon és talpkorong közelében is megtörténhetik, az amoebák elszaporodása legtöbbször több pontból indul ki.

Érdekesek és igen jellemzőek azok az esetek, amikor az amoebák a hydratestnek csupán egyetlen pontján hirtelen szaporodnak el, e helyen az ectodermán bemélyülő «sebhely» keletkezik, melyet teljesen elborítanak az amoebák. Ezek az esetek azt is bizonyítják, hogy, mint alább látni fogjuk, az eleven hydratestből való táplálkozás «munkát» jelent az amoebáknak, ezért ha mód van arra, hogy elszabadult hydrasejtrészekhez jussanak hozzá, ott a könnyebben megszerezhető és bőségesebben rendelkezésre álló táplálék miatt gyorsan szaporodnak el.

*Chlorohydrá*nak már egyetlen, a kar végén tapadó amoeba hatására a karja összehúzódik, bunkóalakú lesz és alig mozog. Ha azonban az amoeba leválik, a kar csakhamar normálissá válik.

Nagy infectio a hydra teljes felfalására vezet (REYNOLDS és LOOPER nem említi, hogy az «elpusztulás» tulajdonképpen miben áll). A hydrából ilyen esetekben semmi sem marad s az őket felfaló amoebák tele vannak a gazdaállat testéből származó táplálékkal. A felfalt hydra helyén az amoebák hirtelen elszaporodnak, számuk egy ízben, egyetlen vájt tárgylemezes praeparátumban megközelítette a 2000-t. A hydraroncsokon az amoebákon kívül más szervezetek is lakmároznak, nevezetesen *Nucleáriá*k (?) Ciliáták *(Prorodon?)* és Rotatoriák.

Több ízben azt is észleltem, hogy tömegesen elszaporodott amoebák otthagyták gazdájukat és szabadon mászkáltak vagy megnyúlva lebegtek a vízcseppben (5. ábra), míg a hydra, mint mozdulatlan tömeg, sokszor karok nélkül, elnyúlva feküdt. E jelenség a hydra testében bekövetkezett valamilyen előttem ismeretlen változással lehet kapcsolatos. A hydráról leválott amoebák azonnal alkalmasak «normális» hydra fertőzésére.

Néhány alkalommal, legtöbbször *Chlorohydra* esetében, a hydra elpusztulását nem az amoebák elszaporodása okozta, hanem azt egyéb, külső körülmények megváltozása válthatta ki.

Reynolds és Looper kísérletei szerint a *Chlorohydra* valamivel ellentállóbb az amoebákkal szemben, mint a *Pelmatohydra* (p. 28). Az én kísérletsorozataimban a két hydrafaj közt ilyen különbséget nem állapíthattam meg, sőt ellenkezően azt, hogy a hydrának egyes sejtekre, sejttömegekre való szétesése és teljes felfalatása és ezzel kapcsolatosan az amoebák nagyfokú elszaporodása is *Chlorohydrán* — talán annak kisebb méretei miatt (?) — gyorsabban következett be.

IV. Táplálkozás (7—8, 16—24. ábra).

Nyilvánvaló, hogy amoebánk rendszerint eleven hydrasejtekkel táplálkozik, noha hydrára tapadt amoeba distalis állábaival elszabadult sejtrészeket is bekebelez, de legbőségesebb és legkönnyebben hozzáférhető táplálékot éppen megtámadása és elszaporodása következtében sejtekre szétesett hydraroncs nyujt. Eleven *Chlorohydrán* levő amoebák nem mindig zöldek, az entodermához tehát nem egykönnyen jutnak hozzá, ha azonban a sejtekre szétesett gazdaállatot teljesen felfalták, legtöbbnyire zöldek lesznek, éppen úgy, mint a velük együtt lakmározó *Nucleáriák* (?) és Ciliáták *(Prorodon?)* is.

Tubusos tenyészetekben, *Myriophyllum* ágon levő hydráról az amoebák néha e növényre másztak, azt sűrűn ellepték s vadásztak a levélkékre telepedett *Vorticellá*kra. Ilyen amoebában néha három elnyelt *Vorticella* is volt. *Myriophyllum* levélkén mászkáló s arra telepedett szervezetekből élő *Hydramoeba* példány volt a legnagyobb, mit megfigyeléseim alatt mértem (limax-alakban 218 μ). Az ilyen módon táplálkozó amoeba megjelenésben is különbözik a hydrasejteket felvett amoebáktól, színesebb plasmája kisebb rögökkel telt, s emellett emésztő vacuolumában nagyobb zárványt *(Vorticella?)* tartalmaz. Hasonló megjelenésű amoebát tubusos tenyészetek alján felgyülemlett s hydrától kivetett Daphnia-burok maradványok között is gyüjtöttem az ott szintén elszaporodó *Vorticellá*k között. Ha hydráról lemászott amoebának egyéb

táplálkozási lehetőség nem kínálkozik (más, «normális» hydra vagy *Vorticella)*, a csupán kristályokat tartalmazó amoeba egy ideig megnyúlva lebeg (5. ábra), majd meggömbölyödik s később elpusztul.

Amoebánk eltérő viszonyban van az ugyancsak a hydraroncsokon lakmározó más szervezetekkel *(Nuclearia* (?), Ciliata, Rotatoria stb.). Zoochlorellával telt *Hydramoeba* Rotatoriára tapadt s azt mozgásában láthatólag gátolta. Ez amoeba a megfigyelés alatt több ízben ürített ki Zoochlorellákat. Szétesett *Chlorohydra* sejtjeivel felvett Zoochlorelláktól zöld *Prorodont* (?) is felfal. A *Hydramoebán* kannibálizmust nem észleltem (v. ö IVANIĆ 1927, 1933 p. 219), sőt más, a tenyészetekben elszaporodó amoeba-fajokkal szemben is közömbösnek mutatkozott. Egy ízben megfigyeltem, hogy egy, a *Hydramoebánál* jóval kisebb *Nuclearia*(?) a meggömbölyödött *Hydramoeba* testéből jelentékeny darabot szívott ki (13—15. ábra). Ez lehet magyarázata annak, hogy némely praeparatumban a *Nuclearia* (?) az amoeba rovására rohamosan elszaporodik.

Miután ismételten megfigyeltem, hogy a *H. h.* különféle kisebb állati szervezetet felfal, kísérletet tettem arra nézve, hogy tisztán növényi táplálékkal szemben hogyan viselkedik. Ugyanis ismeretes, hogy egyes amoebák, pl. az *Amoeba vespertilio*, mindenevők (IVANIĆ 1933 A. p. 218). Chlorohydratenyészetből vett, algás vízbe tett amoebáim eléltek 10—15 napig, de ezek utóbb nagyon aprókká váltak (limax-alakban $70 \times 15\ \mu$), egyesek csupán kristályokat tartalmaztak, másokban különböző nagyságú, meghatározhatatlan eredetű táplálék-rögöcskéket is észleltem. A plasmatestben csak egy-két ízben találtam a tenyészvízben szabadon lebegő algát (5—10 μ nagyságú zöld alga), de ezt is változatlan állapotban. Ezek az amoebák még elkülönítésük 13. napján is inficiáltak.

A táplálék fölvétele kétféle módon történhet : vagy egészben kebelezi azt amoebánk be, mint pl. a *Vorticellát* (v. ö. ENTZ 1931, fig. 2, *Amoeba* sp.), vagy pedig, mondhatni «leharapdál» belőle 4—5, de 8—10 μ-nyi vagy kisebb részeket (v. ö. ENTZ 1931, fig. 4—7, *Amoeba Blochmanni*), amint ezt elszabadult hydrasejtek, sejtrészletek bekebelezése alkalmával ismételten megállapíthattam. Hogy hydrára tapadt amoebák az eleven hydrasejteket hogyan kebelezik

be, sajnos, nem figyelhettem meg. Megállapíthattam azonban, hogy plasmájukban az elnyelt táplálék megjelenése éppen olyan (4—5 μ átmérőjű gömböcskék), mint a sejtekre szétesö vagy már szétesett hydrából táplálkozó példányoké, csupán a táplálékmennyiségben van különbség. Feltehető ezért, hogy eleven sejtekből is oly módon «harapdál» le részleteket amoebánk, mint a könnyen hozzáférhető elszabadult sejtrészekből. Amoebánk táplálkozási módja változik a táplálék természete és mérete szerint. Ha a táplálék nagyobbméretű s alkalmas «harapdálásra» (mint pl. elszabadult hydrasejt), ezt a gyors módszert alkalmazza, ha azonban a táplálék természete (pl. pellicula jelenléte) ezt nem engedi meg, akkor azt egészben nyeli el, ami úgy látszik, hosszas, egy-két órát is igénybevevő «munka» (v. ö. SCHAEFFER p. 116). Kisméretű testek szintén egészben kebeleztetnek be. A bekebelezés technikai része azonban lényegileg ugyanaz; a táplálék felvételére egy álláb, mondhatni szervvé differentiálódik: alakban, strukturában elkülönül. Az álláb nagysága változik a felveendő táplálék nagysága szerint (v. ö. IVANIĆ 1933, p. 214). Ez álláb kialakulását és működését több ízben figyeltem meg.

Kisméretű (3—5 μ) táplálék bekebelezése következőképpen történik: amoebánk a bekebelezendő táplálék irányába gyorsan hyalin állábat fejleszt, elérve azt, az érintkezés határa egy pillanatig éles vonalként tűnik fel, majd distalis végén bemélyedve körülveszi a táplálékot, mely a plasmatestben csakhamar eltűnik (v. ö. ENTZ 1911A., p. 842; 1912 p. 23; DOFLEIN—REICHENOW p. 132, fig. 164, 165). A bekebelezés oly gyorsan megy végbe, hogy rajzolókészülék segítségével még vázlatszerűen sem lehetett követnem.

Szabaddá vált sejtek a *Pelmatohydrán* 25—38 μ, *Chlorohydrán* 18—23 μ átmérőjű gömbök (7—8. ábra) (6—10 μ nagyságú csalántokot és vacuolumot is tartalmazhatnak). Ezek bekebelezése több időt vesz igénybe és részletekben történik (v. ö. IVANIĆ 1933, p. 209—210, 233). Pl. egy 33 μ átmérőjű plasmatömb felvétele 25 μ hosszú, 32 μ illetőleg 25 μ széles álláb segítségével 10 percet vett igénybe. A táplálékot felvevő hyalin álláb élesen elkülönül a szemecskés plasmatesttől, benne valóságos csatorna alakul ki (v. ö. IVANIĆ 1933, p. 226, 232). Az első «leharapott» részlet három perc alatt fűződött le s mint palackalakú, kissé színes, tiszta folyadék-

csepp a plasmatest felé halad, a második két perc, a harmadik és utolsó másfél perc alatt kebeleztetett be (*7a—k* ábra). Mindeme bekebelezett részek csakhamar eltűntek a már sok elnyelt táplálékot tartalmazó entoplasmában. A *7d* és *7g* ábrából arra is lehet következtetni, hogy a «leharapott» táplálékrész a «szájkészülékben» mechanikai úton továbbdarabolódik. Megállapítható az is, hogy a táplálkozás alatt az álláb alakját változtatja és hogy utóbb a plasmatesttel egybeolvad.

Ugyanazon amoeba egyszerre három állábbal is szerezhet táplálékot (7. ábra), ami megmagyarázza, miért nőnek meg és szaporodnak el rövid idő alatt annyira a szétesett hydrasejteken lakmározó amoebák. Egy ízben egy amoeba táplálkozó állábával 15 percig tartott megragadva egy plasmagömböt, majd elengedte, ugyanezen idő alatt egy másik állábbal más plasmagömböt igyekezett megragadni, ez azonban az érintkezés pillanatában mindig elfordult, elcsúszott s a megfogás (tapadás) többszöri kísérletre sem sikerült. Egy harmadik álláb u. e. időben 3—5 μ-os táplálékdarabkát pillanat alatt megfogott és bekebelezett (v. ö. IVANIĆ 1933 p. 216, 233).

Nagyméretű és részletekben be nem kebelezhető (pl. pellicula jelenléte miatt) táplálék felvételére hatalmas méretű álláb alakul (v. ö. IVANIĆ 1933, p. 208). Az ilyen álláb a táplálékfelvétel hosszas folyamata alatt alakjában és strukturájában is megváltozik, mint azt a *Vorticellát* felfaló amoebán több ízben észleltem (16—24. ábra). Az amoeba a *Vorticellát* valóságos ragadozó módjára szerzi meg. Ez érdekes folyamat nem csupán «véletlenül» figyelhető meg, hanem, mondhatnám, tetszésszerint megismételhető. Ugyanis ha a tárgylemezre *Vorticellák*at (pl. *Myriophyllum*-levélkén) és amoebákat helyezünk, a praeparatumot lefödjük (a fedőlemezt célszerű egyik sarkán kissé feltámasztani), s a fedőlemez óvatos mozgatásával az amoebát egyik *Vorticella* közelébe ju tatjuk, az amoeba «közömbös» magatartása a *Vorticella* közelében azonnal megváltozik: állábakat bocsát, ha pedig mint «limax» csúszkált, ez alakban siet áldozata felé. Ha a zsákmány fölötte van s az amoeba a tárgylemezen csúszkál, úgy teste hátulsó részével mint pseudopodiummal megtapadva, teste elülső végével felegyenesedik, mintegy «keresi» zsákmányát. Amint eléggé megközelítette, pillanat alatt a

*Vorticellá*ra tapad (23. ábra) (az érintkezés pillanatában mindkét szervezet hirtelen vissza is húzódhat). (V. ö. IVANIĆ 1933, p. 217—218.) Ez a megtapadás a megtapadás pillanatában már oly nagyfokú, hogy amikor a *Vorticella* kocsánya összehúzódott, magával rántotta az amoebát is, mely most már ameoboid alakot vett fel, mit az egész «küzdelem» alatt megtartott (24. ábra). A táplálkozó testvég eleinte csak strukturájában különül el a plasmatest többi részétől, hyalin, majd kb. 2 perc mulva apró szemcsés lesz, csak ezután határolódik el körvonalaiban is, s mint valóságos külső «szerv» hosszú ideig (1—2 óra hosszat) fennáll s csupán a teljes bekebelezés pillanatában tűnik el.

A 16—22. ábrasorozat egy *Vorticella* bekebelezésének főbb mozzanatait ábrázolja. Az amoeba a «küzdelemben» látszólag hosszú ideig nem nyert tért, noha az álláb plasmája szinte észrevétlen tempóban némileg feljebb-feljebb hatolt, míg végre hirtelen fejlődő hyalin plasmával pillanat alatt teljesen körülfogja áldozatát (19—20. ábra). E hyalinplasma csakhamar szemecskés, majd éppoly hirtelen typikus amoeba-plasmaszerű lesz, az álláb elenyészik, összeolvad a testtel (20—21. ábra). A *Vorticella* körvonala rövid ideig még felismerhető, csakhamar azonban nyoma sem látható (21—22. ábra). Az amoeba meggömbölyödik, csupán rövid állábai vannak. A kocsány állandó összehúzódása (ami kb. percenként, de rövidebb [fél perc] és hosszabb időközökben [két perc] is történik) a végleges bekebelezést tetemesen késlelteti (a megfigyelés szerint egy órával is). A kocsány elszakadása a megfigyelt esetekben a folyamat legvégén következett be (22. ábra), miután a kocsányizom az amoeba közelében már megszakadt (18. ábra). A kocsány összehúzódásán kívül a «küzdelem» alatt a *Vorticella* más életjelenségeket is elárult. Csillangói kezdetben merevek voltak, a megragadás után 16 perccel a garatcsillók ismét mozogni kezdettek s e mozgás élénkült. A peristom csillangói jóval később, a megfogás után mintegy 66 perc mulva, rövidesen a végleges bekebelezés előtt, jöttek ismét mozgásba. Mindkét szervezet contractilis vacuoluma a «küzdelem» alatt több ízben összehúzódott.

V. Emésztés. Defaecatio (9—12. ábra).

A felvett táplálékot legtöbbször közvetlenül, azaz vacuolumtér nélkül veszi körül a plasma, táplálékvacuolum ritkán észlelhető, ez valószínűleg később alakul ki (v. ö. ENTZ 1925, p. 333). Elnyelt *Vorticella* megemésztése néha nyugalmi állapotban, rövid állábakkal borított, meggömbölyödött amoebában megy végbe. Az emésztés lefolyásának pontos időtartamát nem állapítottam meg (egy alkalommal egy *Vorticella* bekebelezése után 18—19 óra mulva — közbeeső időben nem vizsgáltam — az amoeba gömbölyded volt, csupán rögöket tartalmazott, újabb három óra elteltével élénken mozgott). A zsákmányolás utáni nyugalmi állapot nem mindig következik be, mert már 1—2 hatalmas zárványt (valószínűleg *Vorticellát*) tartalmazó amoeba újabb *Vorticellát* foghat. Hogy az egészben felvett táplálék a plasmatestben mechanikai úton feldarabolódhatik e fajnál is, azt REYNOLDS megfigyelései (ENTZ 1931, p. 970) igazolják (v. ö. 7. old., *7d* és *7g* ábra).

Chlorohydrasejtekkel együtt felvett Zoochlorellák, legalább részben, valószínűleg fölhasználtatnak, noha REYNOLDS és LOOPER szerint (p. 28) ezek másnap látszólag emésztetlenül küszöböltetnek ki. Hasonló jelenséget magam is megfigyeltem. Amoebáinkban található barnás-fonalas tömegek valószínűleg megemésztett Zoochlorellákból származnak, amire abból következtetek, hogy hydraroncsokon elszaporodott *Nucleáriá*kban (?) és Ciliátákban emésztés alatt levő Zoochlorellák szintén hasonló megjelenésűek. A felvett Zoochlorellák sokszor közvetlenül a plasmában vannak elszórva, azonban egységes tömeget is alkothatnak, mely Zoochlorella-tömeg egyénei között megbarnult (emésztés alatt levő) példányok is vannak (9—12. ábra). Nem lehetetlen, hogy ily megjelenésű Zoochlorella-tömeg nem is az elnyelt hydrasejtplasmával jutott amoebánk testébe, hanem másodlagosan, az egészben elnyelt Ciliáták útján; az ilyen módon felvett Zoochlorellák, úgy látszik, meg is emészthetnek. Hogy az így felvett tápláléktömeg feldarabolás nélkül napról-napra kisebbedik, azt több ízben megfigyeltem (9—11. ábra).

Defaecatiót többször észleltem. Mint ENTZ is írja (1911A., p. 842. 1912, p. 23), ez gyorsan, explosioszerűen történik, a proteusszerű alakon valamely álláb csúcsán (*Chlorohydra* oldalához tapadt

amoeba kb. 25 rögöt küszöbölt ki egyszerre), limax-alakon pedig, gyors haladás közben is, a test hátulsó, odatapadó állában. Mint alább látni fogjuk, táplálékmaradéknak a cystából való kiürítését is több ízben megfigyeltem.

VI. Néhány cytologiai megfigyelés.

Ha amoebánk táplálékát megemésztette, feltűnik a színtelen plasmájában levő kristályok nagy száma (2. ábra). A hydráról tömegesen lemászott amoebák csupán kristályokat tartalmaztak (v. ö. ENTZ 1911A., p. 840, 847, 1912, p. 21, 27). E kristályokkal, melyeknek nagysága 5, sőt 8 μ is lehet, behatóbban nem foglalkoztam, csupán azt állapíthattam meg hogy kisebb-nagyobb számban állandóan jelen vannak.

Amoebánk plasmájában egyenletesen elosztódva igen apró (1 μ-nál kisebb) fénytörő rögöcskék láthatók. Megfigyelhető az is, hogy az álláb keletkezése alkalmából e fénytörő rögöcskék a homogen plasma után ömlenek (vagy a homogen plasma válik ilyenné?). A kristályok, említett apró, valamint az ENTZtől leírt 9—12 μ átmérőjű fénytörő testek (l. fenti idézeteket) anyagának és szerepének megismerésére további vizsgálatok szükségesek.

Contractilis vacuolum különösen a csupán kristályokat tartalmazó példányokban figyelhető meg. Hydratáplálékkal tömött amoebák contractilis vacuoluma nem mindig látható, valószínűleg a nagymennyiségű táplálék jelenléte miatt (1. ábra). A kiürítés periodusát ENTZ állapította meg (1911A., p. 842, 1912, p. 45), aki azt a megfigyelést is tette, hogy kiürítéssel egyidejűleg a test valamely pontján dudorszerű álláb keletkezik. E jelenséget magam nem észleltem, noha különös gondot fordítottam ennek megállapítására. Érdekes azoknak a vacuolumoknak a működése, melyek a meggömbölyödött amoeba testéből félgömbszerűen kiállanak s felerészben — mondhatnók — csupán pelliculával vannak fedve. Egy amoebában több ilyen vacuolum is lehet egymás mellett (12. ábra). E vacuolumok kiürítése alkalmával a pellicula nem deformálódik, hanem mereven viselkedik, a kiürített folyadék helyére a test felől, tehát csupán egyirányból nyomul plasma, mely a vacuolum újratelésekor ugyanezen irányban visszaszoríttatik. Egy ízben meg-

figyeltem, hogy ilyen, dudorban levő vacuolum kiürítésekor helyére közvetlen környezetében levő nagy, színes tápláléktömb is benyomult, majd ismét visszaszoríttatott. Az új vacuolum ugyanazon helyen keletkezik, ahol a régi volt.

VII. Megjelenési forma. Limax alak.[1]

A H. h. megjelenésformáiról és alakváltozásáról ENTZ részletesen ír (1911A., p. 839, 841, 1912, p. 20—21). A hydrához két testvéggel tapadottakról azt olvassuk, hogy «araszolva» haladnak (1911A., p. 841, fig. VIII, 11, 15; 1912 p. 22, fig. III, 11, 15). Magam araszolva haladást nem figyeltem meg, azt azonban megállapíthattam, hogy hasonló helyzetben amoebánk hosszabb ideig (24 óra) megmaradhat. Amobeánk többféle alakbeli megjelenése között legérdekesebb a limax-alak (25. ábra). Ilyen amoeba alaktani és physiologiai tekintetből egyaránt bipolaris. A haladás irányába tekintő testvége lekerekített, síma körvonalú s nem különül el az utána nyomuló testtől. Az ellentett végen azonban némi befűződéssel elkülönített gömbszerű (korongszerű) álláb van, mely körvonalaiban nem síma, hanem «cafrangos». Ez utóbbi jelenség nyilván a haladás ellenkező irányával függ össze. Cafrangok leválását sohasem figyeltem meg (v. ö. ENTZ 1911A., p. 839; 1912, p. 21). A hátulsó álláb mozgás közben az alzathoz tapad, benne áramlás nem észlelhető, míg az elülső testvég állandóan élénk áramlásban van. Defaecatio rendesen a hátulsó állábon megy végbe. Ugyanitt van sokszor a contractilis vacuolum is elhelyezve, de lehet a testközépen is, a test legelején egyszer sem észleltem. Zsákmány «szimatolásakor» a hátulsó cafrangos pseudopodiumával megtapadt ameobánk «derékban» felegyenesedve, elülső testvégével mintegy «keres», áldozatára tapad, majd proteus-szerűvé válik (23—24. ábra). Limax-alakhoz hasonlatosak azok a sejtekre szét-

[1] GELEI professzornak 1936. júl. 16-án a Magyar Biológiai Kutatóintézetben «Az amoeboid mozgásról» tartott előadása idejében tanulmányom kézirata már készen volt, amit azért kell hangsúlyoznom, mert ez előadásban ő többek között limax-alakú amoebán tett hasonló megfigyeléseiről is beszámolt.

esett hydrát teljesen felfaló és azon elszaporodott vagy gazdaállatukat tömegesen otthagyott (l. 5. old.), csupán kristályokat tartalmazó amoebák is, melyek megnyúltak, mintegy lebegnek, de tulajdonképpen nem bipolarisak (5. ábra). Ezek gyakran elágazók.

VIII. Plasmaáramlás és haladás gyorsasága.

(A mérések a következő nagyítás mellett történtek: IV. micrometer ocular, 7*a* objectív, REICHERT-féle binocularis mikroszkóp.)

Az áramlás sebességét limax-alakon, proteus-szerű alak állábában, egy-egy rögöt, kristályt követve, állapítottam meg. A plasmaáramlás sebességének középértékéül 2·55 μ sec-t kaptam (összesen 101·5 mp-nyi időre terjedő 13 mérés, egyes mérések időtartama 2·5—13 mp, középsebessége 0·684—10·9 μ/sec). Valamely rög vándorlása csak bizonyos szakaszon követhető. Az áramlás nem folytonos, hanem lökésszerű s nem történik állandóan ugyanazon sebességgel: a plasmatest közepén gyorsabb, mint a széleken. Limax-alakon az, hogy az elülső testvégre érkezett rögöcske ellenkező irányba visszaáramlik, határozottan megállapítható (v. ö. DOFLEIN—REICHENOW, p. 87, fig. 117); a hátulsó, tapadó állábban (v. ö. 13. old.) áramlás jóformán nincsen. A mozgó rögöcskék stb. áramlás közben akadályokba is ütközhetnek (mag. contractilis vacuolum, más rögök stb.). Feltűnő gyors oda-visszaáramlást figyeltem meg a hydraroncsra tapadt amoebán a tapadás pillanatában; egy ízben megfigyeltem, hogy hydradarabra tapadt példány középtájon kis befűződéssel mintegy két részre osztott testén a distalis rész plasmája hirtelen nagy erővel ömlött át a tapadó félbe. A plasmavisszahúzódás helyén «cafrangok» képződtek. Lehetséges, hogy e jelenség táplálkozással kapcsolatos.

Haladási gyorsaságot limax-alakon mértem, középsebességül 1·206 μ/sec-t nyertem (összesen 571·5 mp-ig tartó 9 mérés; egyes mérések időtartama 8—360 mp, középsebessége 0·015—2·951 μ/sec). E mérések az elülső testvég haladására vonatkoznak. A hátulsó, tapadó testvégen haladás alig észlelhető. Ezt csupán két esetben mértem, középsebességül 0·207 μ/sec-t találtam (egyes mérések időtartama 60 és 120 mp, középsebessége 0·273, illetőleg 0·341 μ/sec) (v. ö. SCHAEFFER, p. 116).

A táplálékot észrevett amoeba hyalin állábának keletkezése rendkívül gyors, ez állábból, még mielőtt strukturája megváltoznék, szemecskéssé válnék, újabb hyalin állábak nyúlhatnak ki. Éppen ilyen gyors annak a hyalinplasmának haladása (keletkezése?) is, mely táplálkozás alkalmával a már hosszú ideig fogvatartott *Vorticellát* hirtelen körülveszi (l. 10. old.). Néhány, áramlásra vonatkozó mérést az *Amoeba vespertilion* is végeztem összehasonlítás végett, középsebességül 1·80 μ/sec-t kaptam (5 mérés időtartama 66 mp; egyes mérések időtartama 5—34 mp, középsebességének ingadozása 0·80—2·73 μ/sec) (ENTZ u. e. fajon a plasmaáramlás sebességének értékéül 2—3 μ/sec-t állapított meg, 1925, p. 334).

IX. Betokozódás. (3, 4. 6, 26 – 28. ábra).

Betokozódott *Hydramoeba hydroxenát* két ízben találtam (február 25 és március 2 között, majd június 25 és július első napjai között), éspedig egyidejűleg több tenyészetben. Noha tubusos tenyészetek alján levő Daphnia-roncsok között is volt néhány cysta, tömegesen tárgylemezes praeparatumokban történt a betokozódás. E kulturák február—márciusban 15—18° C, június—júliusban 25—26° C-on a laboratoriumban tartattak. Utóbbi alkalommal sejtekre szétesett *Pelmatohydra* roncsai között egy tenyészet összes amoebái betokozódtak (6. ábra), s a 25—30 darabból álló cystatömeg mintegy megismételte a hydra alakját (a tenyészetben sok apró Ciliata *[Glaucoma?]* szaladgált). A többi tenyészetben betokozódott példányok mellett mindig volt néhány szabadon mászkáló is. A tél folyamán betokozódott mintegy 12—15 cystát eredeti helyén naponta vizsgáltam, azonban 4—14 (átlagosan 7·5) nap alatt ezek mind elpusztultak. A nyári cystákat később végzendő cytologiai vizsgálatok céljaira rögzítettem.

A *H. h.* cystái nemcsak gömbölydedek, de mondhatnók teljes gömbalakúak, átmérőjük 38—70 μ, leggyakrabban 40—50 μ.[1]

[1] Vegetativ alak méretei amerikai szerzők szerint 60—190 μ, ENTZ szerint 100—300 μ, magam megfigyelései szerint 49—218 μ közöttiek; 120 × 120, 180 × 35 μ (ez utóbbi limax-alakú) méretűek már feltűntek nagyságukkal.

A burok kettős, a belső kb. 1 μ vastag, erősen fénytörő, víztiszta, kissé sárgásba hajló; a külső, mely réteges is lehet, 3—5 μ vastag, színtelen, átlátszó, kocsonyás jellegű burok, néha bizonytalan külső határral (26. ábra). Nyilván ragadós felületére idegen testek tapadhatnak (3. ábra). A cysta plasmája kezdetben hasonló a táplálékkal telt vegetatív alakéhoz, a *Chlorohydra*n táplálkozottakban az elnyelt Zoochlorellák jól felismerhetők (27. ábra). A táplálék megemésztetlen részének kiküszöbölése után (l. 17. old.), a burkokon belül, a peripheria közelében 2—2·5 μ átmérőjű rögök helyezkednek el, melyen belül átlátszatlan szemecskék sűrű halmaza (kristályok?) látható. A burok és rögök anyagának chemiai természetét nem vizsgáltam meg.

A betokozódott *Hydramoeba* plasmájában sajátságos életjelenségek figyelhetők meg: 1. Gyakran észlelhető amoebánk amoeboid alakjára jellemző plasmamozgás, mely nem terjed ki a a cysta egész belsejére, hanem csupán egy részére. Ilyen mozgást a betokozódást követő 1—10 napon figyeltem meg, úgylátszik, nem folytonos, hanem időszakosan ismétlődő jelenség.

2. Egy ízben, a betokozódás kezdetén (1—2. napján) hirtelen lökésszerűen, nagy erővel végbemenő mozgásjelenséget is észleltem: a *Chlorohydrá*ról származott, különben normális megjelenésű, táplálékkal telt cystán lassú plasmaáramlást több helyen lökésszerű mozgás követett, úgy hogy a cysta egész belseje, mondhatnám, helyet változtatott. A burok és a részben visszahúzódott plasma közt állábszerű hyalin plasmatömeg jelent meg, melybe egy pillanatra a mag is benyomult (28. ábra). Amint a mag visszahúzódott a plasma közepére, az álláb ellapult, helyét szemecskés plasma foglalta el. A cysta csakhamar visszanyerte normális megjelenését, a plasma mozgása megszűnt, megnyugodott. Az egész jelenség 2—3 percnyi időt vett igénybe. Ugyanezen cystát e megállapítás után még 9 napon át kísértem figyelemmel és az 1. alatt leírt plasmaáramlást e példányon a betokozódás utáni kilencedik napon is megállapíthattam.

3. Olyan lefolyású plasmamozgást is észleltem, mint amilyen vegetativ alakon a contractilis vacuolum kiürülésekor megfigyelhető, hogy t. i. egy pontba több irányból plasma nyomul. Nem lehe-

tetlen, hogy a cystán is a contractilis vacuolum működésével kapcsolatos ez a plasmamozgás.

4. Több ízben megfigyelhettem defaecatióhoz hasonló jelenséget is (27. ábra). A kiküszöbölendő tömeg a plasma felületére a belső burok közelébe jutott, hirtelen kilöketett, egyideig azonban még a belső és külső burok között maradt (a defaecatiót (?) követő harmadik napon is). Hogy e kilökött tömeg hogyan jut át a belső, tömörebb burkon, azt megállapítanom nem sikerült. Kilökött rögtömegek egyidejűleg a cysta peripheriájának több pontján is lehettek.

Legtöbb esetben azok az amoebák tokozódtak be, melyek a hydrát teljesen felfalták (v. ö. DE GROOT, p. 431—432). Ezt azért állíthatom, mert tárgylemezen tenyésztett amoebáim állapotát naponta ellenőriztem, de a Daphnia-burokban betokozódott példányok (4. ábra) megelőző életkörülményeiről biztosat nem mondhatok (v. ö. 3. old.). Ezek éppen úgy lehettek hydraroncson jóllakott példányok, mint esetleg hosszabb ideig *Vorticellá*kból táplálkozók (v. ö. 6. old.). A táplálékkal teletömött állapotot nem követte mindig betokozódás (v. ö. 7. old.).

Elpusztulóban levő cystákban világos foltok jelentek meg, a plasma visszahúzódott a buroktól, a közt hyalin állomány (folyadék?) töltötte ki. Elpusztulásukat valószínűleg Bacteriumok (egy-két esetben megfigyeltem, amint körülrajzották a cystákat), esetleg Chytridiaceák okozhatták (*Sphaerita* sp. ?). Lehetséges azonban, hogy meg nem felelő létfeltételek (pl. physikai viszonyok, O_2 hiány) hatottak károsan.

X. Discussio.

A *Hydramoeba hydroxena* a külföldi irodalom adatai és hazai megfigyelések adatai szerint is ősszel gyüjthető. Noha csupán néhány lelőhelyről ismeretes, valószínű mégsem ritka amoeba-faj. Természetes azonban, hogy ez amoeba-faj elszaporodásához a külső körülmények kedvező összejátszása szükséges, nyilván ez az oka annak, hogy ugyanazon helyen is sokszor csupán nagy időközökben gyüjthető (pl. 25 év, v. ö. REYNOLDS és LOOPER, p. 23; balatoni adatok). Magától értetődő, hogy ez amoeba vegetativ

életének minden jelensége és úgy elszaporodásának ideje is összefüggésben van gazdaállatának, az édesvízi hydrának élete folyásával is.[1]

Ami a hydratenyészetekben fellépő depressio jelensége és amoebák jelenléte közötti összefüggést illeti, erre nézve ENTZ azt említi meg, hogy mert nem minden depressióban levő hydrán vannak amoebák, nyilván nem az amoebák idézik azt elő (1911, p. 138, 1911A., p. 860, 1912, p. 39). WERMEL hangsúlyozza, hogy az amoebától ellepett hydrák, melyek gastralis ürege tömve volt amoebákkal, a degeneratio első jeleit mutatták (p. 96). Amerikai szerzőknél depressióra vonatkozó feljegyzést nem találunk. Magam megfigyelései e jelenséget illetőleg ENTZéivel egyeznek.

Míg ENTZnek amoebás hydrák közé betett új hydrákat fertőznie nem sikerült (1911, p. 138, 1911A., p. 844, 1912, p. 39), REYNOLDS és LOOPER ilyen irányú kísérletei, mondhatni, 100%-os eredménnyel jártak *Pelmatohyora* és «zöldhydra» esetében is (p. 28, 30). Ez eredményeket összehasonlítani tulajdonképpen nem lehet, mert a kísérleti körülmények lényegesen különböztek (ENTZ amoebás hydrákat tartalmazó, $^1/_2$ m magas üveghengerbe tett «sterilis» hydrákat, míg az említett amerikai szerzők kismennyiségű vízben (0·25, 3·00 és 200 cm^3) végezték az inficiálást). Inficiálási kísérleteim, csekély mennyiségű vízben (vájt tárgylemezen) végezve, az amerikai szerzőkéhez hasonló sikerre vezettek. Úgy találtam, hogy e szervezet «fertőzőképességét» hosszabb ideig (±két hét) való «éhezés», helyesebben minimális táplálékon való tengődés után is megtarthatja, tehát jóval hosszabb ideig, mint azt az amerikai szerzők (REYNOLDS és LOOPER, p. 28) megállapították.

A *Hydramceba* és a hydra viszonyáról, a táplálkozást illetőleg, európai és amerikai szerzők véleménye nem egyezik. ENTZ ismételten «rabló»-nak nevezi ezt az amoebát, melynek «életmódja sem olyan, mint a typusos parazitáké, hanem inkább a ragadozó állatokéra emlékeztető», s nemcsak a hydra sejtjeit támadja meg és falja fel, hanem «a gyomrában vagy azon kívül található egyéb

[1] A rendelkezésemre álló irodalomból nem sikerült megállapítani azt, hogy az édesvízi hydra-fajok télen hogyan élnek, kifejlettek is kitelelnek-e vagy csak a betokozott embryók maradnak meg.

szervezeteket, így csillangós véglényeket is» (1911, p. 138—139). «Majdnem azt lehetne róla mondani, hogy azon az úton halad, mely a szabadon élő szervezeteket a szövetparaziták közé vezeti; ezen életmódja azt sem zárja ki, hogy normális viszonyok között szabadon kalandozva folytasson rabló életmódot s csak a hydrába jutva, a kedvező körülmények következtében elszaporodva, pusztítja gazdája és lakása sejtjeit» (1911 A., p. 861). WERMEL oroszországi megfigyelései szerint amoebánk nem parazita, hanem asztalközösségben él a hydrával, főtáplálékát a hydratáplálék (Crustacea, férgek stb.) maradványai teszik, és ha más nincs, a hydra kiüszöbölt entodermasejtjei is (p. 96). Amerikai szerzők ezzel ellentétben határozottan betegségelőidéző parazitának tartják s főként ezért sorolják külön, új genusba (*Hydramoeba*, REYNOLDS és LOOPER, p. 30). Első megfigyeléseik sorozatában, noha több ezer amoebát figyeltek meg, egysejtű szervezet felfalását nem észlelték (p. 27); későbbi tanulmányaik alatt az amoeba plasmájában bekebelezett Ciliátát találtak (ENTZ, 1931, p. 969—970). Ismételten kifejezik, hogy physiologiai tekintetből az amerikai és európai *H. h.* között némi különbség lehet, mert az amerikai nagyobb mértékben pathogén (REYNOLDS és THRELKELD, p. 306). Nem lehetetlen azonban, hogy további kísérletek a rablójelleget Amerikában is megerősítik. Saját megfigyeléseim megerősítik ENTZ véleményét, t. i., hogy e szervezet valóban rabló, mely a hydrát is megtámadja s bőséges táplálékhoz jutva, azon nagy mértékben elszaporodik. Áldozata észrevevésében s megfogását célzó igyekezetében meglepő «észszerűséggel» jár el, csaknem értelmes lényként viselkedik (v. ö. ENTZ, 1912A., p. 434; 1913, p. 392; IVANIĆ 1933, p. 217; 1934, p. 154). Felfoghatjuk azonban oly parazitaként is, mely gazdájától független életmódra is képes, ha nem jut megfelelő gazdaállathoz (WENRICH, p. 608). Hogy egy- és ugyanaz az amoeba faj szabadonélő és parazitikus életmódot is folytathat és ennek megfelelőleg eltérő módon táplálkozhat, azt IVANIĆ az *Amoeba vespertilio*ról mutatta ki (1933A., p. 223).

Édesvízi amoeba-fajok ideiglenes szájkészülékét IVANIĆ rögzített és festett praeparatumokon tanulmányozta (1933) s azon szilárdabb plasmából álló s erősebben festődő szájnyílást, bevezetőcsatornát, valamint szájüreget különböztet meg. Hasonló differen-

tiálódást mutatott ki GELEI ezüstözéssel egy meg nem határozott amoeba-fajon (1934, 1935). A szájkészülékkel kapcsolatban IVANIĆ nem hangsúlyozza speciálisan a táplálkozás céljára szolgáló álláb keletkezését, noha egy ízben említi, hogy Cyanophycea-fonal felvételénél hatalmas álláb keletkezett (*A. vespertilio* 1933, p. 208, fig. 8).

Hangsúlyoznom kell, hogy a *Hydramoeba hydroxena* táplálkozásának minden megfigyelt esetében megállapíthattam az erre a célra szolgáló álláb kialakulását, elkülönülését. Ez az álláb alkalmas a táplálék megragadására s a benne kialakult szájkészüléknél fogva (szájnyílás, bevezetőcsatorna) annak kisebb darabokban vagy egészben való bekebelésére. A *Vampyrellidium*nak axopodiumokból keletkezett szívó állába úgy alakban, mint működésben más természetű (v. ö. IVANIĆ 1934, p. 158, 160). Ezüstözött praeparatumokat ezideig nem készítettem, de IVANIĆéhoz hasonló módon rögzítettem és festettem eleven hydrára tapadt, valamint sejtekre szétesett hydra roncsai között talált *Hydromoebá*kat. Sajnos, a praeparatumokban nem akadtam olyan példányra, mely éppen a táplálkozás pillanatában rögződött volna s így a szájkészülék strukturáját állandó praeparatumon e fajon nem tanulmányozhattam. Nem kaphattam feleletet a táplálkozó álláb struktúraváltozásának mibenlétére sem (l. 10. old.).

IVANIĆ szerint a szájnyílás és a bevezetőcsatorna a táplálék bejutása után hamarosan «leépíttetik», a «szájüreg» azonban — hasonlóan Ciliátákhoz és Flagellátákhoz — mint táplálékvacuolum tovább működik (1933, p. 215, 232). Mint említettem, a *Hydramoeba hydroxena* szájkészülékén, elevenen, csupán a szájnyílás és a csatorna jelenlétét állapíthattam meg. Valószínű, hogy a felvett táplálék itt közvetlen plasmával vétetik körül s körülötte a vacuolum csak később képződik (v. ö. ENTZ 1935, p. 333). Nincsen azonban kizárva, hogy «szájüreg» jelenlétének megállapítására elevenen való vizsgálat nem alkalmas.

A betokozódás időszakosságából arra kell következtetnem, hogy amoebánk időnként életfolyásának olyan állapotába jut, mely szükségessé teszi betokozódását és ez be is következik, ha az ez állapothoz szükséges külső körülmények az illető kultúrákban rendelkezésre állottak. Amoebánk életciklusáról azonban, mint

már említettem, jóformán semmit sem tudunk. A betokozódott *Hypramoebán* észlelt lökésszerű plasmamozgás (l. 16. old.) hasonló ahhoz, mint amilyent DAWSON, KESSLER és SILBERSTEIN az *A. dubiá*ról írt le. E sajátságos jelenségek az említett fajon a cytoplasmára és zárványaira is kiterjednek és magosztódással kapcsolatosak. Nincsen kizárva, hogy a *Hydramoeba* cystáján is hasonló mozgásjelenséget figyeltem meg. Mindaddig azonban, míg a betokozódott *Hydramoeba* magviszonyai ismeretlenek, e kérdés el nem dönthető.

XI. Összefoglalás.

1. Az ENTZtől 1911-ben leírt *Hydramoeba hydroxena (Amoeba hydroxena)* Balatonból származó s aquariumban hetekig tartott *Pelmatohydra oligactis*on nagy mennyiségben jelent meg. *Pelmatohydra oligactis*on és *Chlorohydra viridissimán* is könnyen tenyészthető kis aquariumba helyezett tubusokban és nedves kamrában tartott vájt tárgylemezen. Tárgylemezkultúrák amoebáinak életjelenségei (táplálkozás, defaecatio, mozgásjelenségek, alakváltozás, vacuolumműködés, betokozódás stb.) nagy nagyítással (90×, 540×) is rendszeresen tanulmányozhatók.

2. Fertőzés tárgylemezen, praeparáló lupé alatt eredménnyel végezhető. Inficiálás az érintkezés pillanatában megtörténik, noha egyes hydrapéldányok a fertőzéssel szemben ellenállóbbnak mutatkoznak. *Chlorohydra* hamarabb áldozatul esik az amoebáknak, mint *Pelmatohydra oligactis*.

3. Táplálékul eleven hydrasejtek s a megsebzés következtében levált sejtrészek szolgálnak. A fertőzés előrehaladásával könnyen hozzáférhető és felvehető táplálékon nagyon elszaporodnak s a sejtekre szétesett hydrát egészen felfalhatják. Nagyon elszaporodott amoebák gazdaállatjukat néha tömegesen otthagyják. Táplálékul más szervezetek *(Vorticella*, apró Ciliáták, Rotatoria stb.) is szolgálnak, melyek bekebelezése több ízben megfigyeltetett.

4. A *H. h.* — mint már ENTZ megállapította — tulajdonképpen rabló, mely hydrát is megtámad s azon — bőséges táplálék jelenlétében — nagyon elszaporodik. Kisebb szervezeteket ragadozó módon támad meg és vesz fel. Valószínűleg — legalábbis egy ideig — szabadon kalandozó életmódot is folytathat.

5. A táplálék megfogására és felvevésére ideiglenes táplálkozó «szerv», egy vagy több álláb differenciálódik, melyen szájkészülék (szájnyílás és csatorna) alakul ki. Az álláb nagysága a felveendő táplálék méreteitől és attól is függ, alkalmas-e az részletenként való bekebelezésre («harapdálásra»), vagy pedig nem. Utóbbi esetben egészben vétetik föl. Nagyobb méretű (18—38 μ), «harapdálásra» alkalmas táplálék részletekben vétetik föl $^1/_2$—3 percenként ugyanazon álláb segítségével. A felvett részlettáplálék a szájkészülékben ugyancsak mechanikai úton valószínűleg ismét feldarabolódik. Kisméretű (3—5 μ) táplálék egészben való felvétele pillanat alatt történik. Pelliculával borított, nagyobbméretű áldozatnak egészben való bekebelezése 1—2 órát vehet igénybe. A táplálék felvétele után az álláb és szájkészülék hirtelen összeolvad a plasmatesttel.

6. A felvett táplálékot közvetlenül körülzárja a plasma, táplálékvacuolum később képződik. Nagyméretű táplálék egészben való bekebelezése után néha nyugalmi állapot következik be. Hydrasejtekkel felvett Zoochlorellák részben emésztetlenül küszöböltetnek ki. A defaecatio hirtelen, explosioszerűen történik a proteus-alak bármely pontján, limax-alak hátulsó, tapadó pseudopodiumán. Defaecatióhoz hasonló jelenség betokozódott amoebán is megfigyeltetett.

7. A plasmaáramlás sebességének középértéke 2·55 μ/sec, haladási sebesség limax-alakú példány elülső testvégén 1·206 μ/sec, hátulsó állábban 0·207 μ/sec.

8. Limax-alakú *Hydramoeba* bipolarisnak tekinthető morphologiai és physiologiai szempontból is. Az előre tekintő testvég élénk áramlásával, a hátulsó cafrangos, állábszerű rész tapadásával tűnik ki. Ez utóbbiban áramlás nem észlelhető, itt történik a defaecatio is. A contractilis vacoulum mindig a hátulsó testfélben van. Az elülső végen történik az áldozat «észrevevése» és megfogása. A haladásban mindkét testvégnek van szerepe.

9. Betokozódás időszakonként történik, az ezt előidéző külső és belső tényezők ismeretlenek. A gömbölyű cysta kettős falú, benne többféle mozgásjelenség észlelhető. Exuviatio nem figyeltetett meg.

10. A *H. h.* élete folyása egészben ismeretlen. Időszakos megjelenése (elszaporodása) kapcsolatos lehet az édesvízi hydra élete-

folyásával is; betokozódását is belső és külső körülmények kedvező összejátszása idézheti elő.

XII. Irodalom.

COLLIN, B. 1911: Etude monographique sur les Acinétiens I. Recherches experimentales sur l'étendue des variations et les facteurs tératogenes. Arch. Zool. exp. et gen. (Sér. V.) VIII p. 421—497. (pl. X et XI).

COLLIN, B. 1912: II. Morphologie, physiologie, systematique. Arch. Z. e. g. LI p. 1—457 (pl. I—VI).

DAWSON, J. A., W. R. KESSLER and J. K. SILBERSTEIN 1935: Mitosis in Amoeba dubia. Biol. Bull. 69 p. 447—461.

DOFLEIN-REICHENOW 1928: Lehrbuch der Protozoenkunde. G. FISCHER, Jena.

ENTZ GÉZA, jun. 1911: Hydrát pusztító Amoeba, Állattani Közl. 10 p. 138—141.

ENTZ GÉZA 1911 A: Hydrát pusztító Amoeba (2 táblával és 2 szövegközti rajzzal). Math. és Term. Tud. Ért. 29 p. 836—868.

ENTZ GÉZA 1912: Über eine neue Amoeba auf Süsswasser-Polypen (Hydra oligactis Pall.). (Tafel 2. Fig. 2.) Archiv Prot. kunde 27 p. 19—47.

ENTZ GÉZA 1912 A: A Vampyrellidium vagans szervezetéről és életmódjáról. (IV. t.) Math. és Term. Tud. Ért. 30 p. 430—440.

ENTZ GÉZA 1913: Über Bau und Lebensweise von Vampyrellidium vagans. (Taf. 1.) Archiv Prot. kunde, 29. p. 387—398.

ENTZ GÉZA 1925.: Über Nahrungszerkleinerung im Plasma einer Amoeba (Amoeba vespertilio Penard). (Fig. 2.) Zool. Anzeig. 63 p. 332—336.

ENTZ GÉZA 1931: Bemerkungen über Nahrungszerkleinerung im Plasma einiger Protozoen. (Taf. 29 Arch. Zool. Italiano. 16 p. 967—977.

ENTZ GÉZA 1934: Neue Erkenntnisse über den Bau der Zelle. (Fig. 7.) Math. és Term. Tud. Ért. 52 p. 409—421.

GELEI J. 1934: Amoebenforschung und Silbermethoden. (2 Abb.) Zool. Anzeig. 108 p. 92—95.

GELEI J. 1934 A: Die amöboide Bewegung infolge Membranenkontraktion. Biol. Zentralblatt 54 p. 264—277. (Mit 9 Abbildungen.)

GELEI J. 1935: Neue Erfahrungen an versilberten Amöben. (2 Abb.) Zool. Anz. 109 p. 93—95

de GROOT, A. A. 1936: Einige Beobachtungen an Dinamoeba mirabilis Leidy. Arch. Prot. kunde 87 p. 427—436. (Mit 3 Abbildungen.)

IVANIĆ, M. 1927: Über den Kannibalismus bei Amoeba verrucosa (Ehrb.) nebst Bemerkungen über den Kannibalismus bei Protozoen im allgemeinen. Zool. Anzeig. 74 p. 313—321.

IVANIĆ, M. 1933: Über die bei der Nahrungsaufnahme einiger

Süsswasseramoeben vorkommende Bildung cytostomähnlicher Gebilde. (Fig. 32.) Arch. Prot. kunde 79 p. 200—233.

Ivanić, M. 1933 A: Über die Aufnahme von Rädertieren durch Amoeba vespertilio Pénard und deren Aussaugung mittels einer besonderen merkwürdigen Pseudopodienbildung. (Fig. 5.) Zool. Anz. 103 p. 218—223.

Ivanić, M. 1934: Bau, Lebensweise und Entwicklungsgeschichte nebst Bemerkungen über die systematische Stellung von Vampyrellidium vagans Zopf. (Taf. 2.) La Cellule 43 p. 149—174.

Luce, R. H. and A. W. Pohl 1935: Natur of crystals found in amoeba. Science N. Y. p. 595—596.

Mast, S. O. and W. L. Doyle 1935: Structure, Origin, and Function of Cytoplasmic Costituents in Amoeba proteus. I. Structure. Arch. Prot. 86 p. 278—306.

Mast, S. O. and W. L. Doyle, 1935. A: Structure, Origin and Function of Cytoplasmic Constituents in Amoeba proteus with Special Reference to Mitochondria and Golgi Substance II. Origin and Function Based in Experimental Evidence; Effect of Centrifuging on A. proteus. Arch. f. Prot. kunde 86 p. 278—306.

Reynolds, B. D. and J. B. Looper 1928: Infection Experiments with Hydramoeba hydroxena Nov. Gen. (Fig. 1. Plate 1.) Journal of Parasit. 15 p. 23—30.

Reynolds, B. D. and Wm. L. Threlkeld, 1929: Nuclear Division in Hydramoeba hydroxena. (Fig. 2. Plate 5.) Arch. Prot. kunde 68 p. 305—414.

Sandon, H. 1932: The food of Protozoa. Publ. of the Faculty of Science No. I. The Egyptian Univarsity, Cairo.

Schaeffer, A. A. 1926: Recent Discoveries in the Biology of Amoeba. (Fig. 5.) The Quarterly Review of Biology I p. 95—118.

Schulze, P. 1922: Cnidaria in Schulze's Biologie der Tiere Deutschlands. Lief. 1. (Abb. 40.) p. 3. 1—3. 31.

Threlkeld, Wm. L. and B. D. Reynolds 1929: The pathogenecity of Hydramoeba hydroxena in different hydrogen ion concentrations. (Fig. 1.) Arch. Prot. kunde 68 p. 409—414.

Wenrich, D. H. 1935: Host-parasite Relations between Parasitic Protozoa and their. Hosts. (Plate 1—5.) Proc. of the Amer. Philosoph. Soc. 75. p. 605—650.

Wermel, E. 1925: Beiträge zur Cytologie der Amoeba hydroxena Entz. (Taf. 4.) Arch. Russes de Protist. 4 p. 96—120.

XIII. ÁBRAMAGYARÁZAT.

Minden ábra eleven Hydramoeba hydroxená-t ábrázol. Az I. tábla ábrái (1—6) REICHERT-CZERNY-féle microphotographáló-készülékkel készült pillanatfelvételek; nagyítás: obj. 3a: 5., 6. ábra, obj. 5: 1., 2., 4. ábra, obj. 7a: 3. ábra. A II. és III. tábla ábrái (7—28) Zeiss-féle rajzolókészülék segítségével rajzoltattak; nagyítás oc. IV, obj. 7a, Reichert-féle binocularis mikroszkóp.

X. TÁBLA.

1. ábra. Hydratáplálékkal (Pelmatohydra oligactis) telt H. h. 1936. február 4., nagyítás ± 440 x.

2. ábra. Pelmatohydráról levált példány, benne hydratáplálék, kristályok, fénytörő rögöcskék. 1936 március 24., nagyítás ± 375 x.

3. ábra. Felfalt Pelmatohydra roncsain betokozódott H. h. 1936. március 5., nagyítás ± 400 x.

4. ábra. Tubusos kultúra alján, Daphnia-roncsban talált betokozódott H. h. 1936 március 4., nagyítás ± 255 x.

5. ábra. Tárgylemezes tenyészet részlete szabadon lebegő, megnyúlt, csupán kristályokat tartalmazó amoebákkal 1936 április 4., nagyítás ± 140 x.

6. ábra. Tárgylemezes tenyészet részlete: betokozódott amoebák hydraroncsok között. 1936 június 25., nagyítás ± 110 x.

XI. TÁBLA.

7. ábra. Hydra-roncson lakmározó amoeba tárgylemezes tenyészetből 1936 április 6: egyidejűleg három álláb kebelez be szabaddá vált, gömbalakú hydra-plasmatömböt; az a álláb táplálkozásának további mozzanatait b—k részletábrák tűntetik föl, az idő megjelölésével: b—d az első részlet «leharapása», elkülönülése és benyomulása (két darabban) a táplálékdús plasmába, e—g a második részlet bekebelezése, h—k a harmadik részlet bekebelezése, a táplálkozó álláb alakváltozásának és fokozatos elenyészésének feltűntetésével.

8. ábra. Chlorohydrából származó, Zoochlorellákat tartalmazó plasmatömböt bekebelező amoeba részlete: a táplélák felvevő hyalin álláb élesen különül el a táplálékdús plasmatesttől, hasonlóan a 7. ábrához; 1936 február 26.

9—11. ábra. Chlorohydra-roncson «jóllakott» amoeba emésztési folyamatának három egymásután következő mozzanata: 9. ábra 1936 január 28. a meggömbölyödött amoeba plasmájába elszórt Zoochlorellák és világos udvartól körülvett egységes tömböt alkotó, zöld és barnult Zoochlorellák láthatók; 10. ábra janáur 29. az egységes tápláléktömb egészen barna, egyes Zoochlorellák, fonalas-tömegeket alkotnak az

ameoboid amoebában; 11. ábra január 30. a meggömbölyödött amoeba plasmája egészen színtelen, benne sok színtelen rög (kristály?), a táplálék-tömb barna, fonalas gomolyt alkot, térfogata megkisebbedett, körülötte a világos udvar csak elmosódva látható.

12. ábra. Meggömbölyödött, táplálékkal telt amoeba Chlorohydra roncsról: a plasmában elszórva zöld Zoochlorellák vannak, a két elkülönült táplálék-tömeg (elnyelt Prorodon?) Zoochlorellái az emésztés különböző állapotát tűntetik föl. Két, peripherikus helyzetű contractilis vacuolum. 1936 január 27.

13—15. ábra. Meggömbölyödött, színtelen Hydramoebát szívó Nuclearia (?) (három egymásután következő állapot): 13. ábra az amoeba és Nuclearia (?) közötti hídszerű összeköttetésen (pseudopodium) át az amoeba színtelen rögökkel telt plasmája a parazita testébe jut; 14. ábra az amoeba testén a szívás helyén horpadás látható, a N. plasmájában övszerűen halmozódik fel a felvett táplálék, a szívó pseudopodium alakja megváltozik; 15. ábra a Nuclearia (?) bevonta állábait, meggömbölyödött, az elválás pillanatában testéből néhány, plasmával körülvett rögöcske nyomult ki. 1936 március 7.

XII. TÁBLA.

16—22. ábra. Myriophyllum levélkén mászkáló H. h. Vorticellát (V) kebelez be: a táplálkozás főbb mozzanatait feltűntető ábrasorozat (az időpont megjelölésével). Az amoeba a V.-t oldalról kapta el, az amoeba még a levélhez tapad, V. vacuolumában Brown-féle mozgás észlelhető (16); a táplálékfelvevő álláb alakban elkülönül a táplálékdús plasmatesttől, az amoeba csupán egyetlen, hyalin állábnál fogva tapad a levélkéhez, a peristom merev csillangóival még egészen szabad (17); a táplálkozó álláb alakban és strukturában is elkülönül a plasmatesttől, a V. c. vacuoluma működik, az egész peristom szabad, látható a kocsányizom megszakadása (18); a peristom köré hirtelen hyalinplasma nyomul (19); s azt egészen körülfogja, e plasmában csakhamar apró rögök tűnnek elő, a peristom közelében kettős hyalin álláb látszik (20); a táplálkozó álláb teljesen eltűnt, az egész amoeba «normalis» megjelenésű, az elnyelt V. csak mély beállításnál tűnik elő (21); a kocsány elszakadt, az amoeba táplálékdús plasmájában nem látható az elnyelt V. körvonala (22). 1936 január 18.

23—24. ábra. Limax-alakú amoeba Vorticellát fog (kísérlet eredménye): a V. felé haladó amoeba elülső testvégével hirtelen zsákmányra tapadt, a tölcsér azonnal kialakult (23); amint a V. kocsánya összehúzódott, az amoebát is magával rántotta, mely most proteus-alaku lett, az amoeba plasmájának a V. közelében levő része apró szemecskés strukturával tűnik ki, míg a plasmatest többi része «normalis» (24). 1936 január 19.

25. ábra. Limax-alakú amoeba Chlorohydrán elszaporodott amoebák közül: a haladó amoeba plasmájában apró, különböző alakú rögök, kristályok, szabad Zoochlorellák láthatók; hátulsó, tapadó pseudopodiumán a «cafrangok» jól kivehetők. 1936 február 18.

26. ábra. Betokozódott H. a. Chlorohydrás tenyészetből; a belső erősen fénytörő cystaburok körül réteges külső burok látható, a cysta belseje rögökkel telt. 1936 március 7.

27. ábra. Chlorohydra-tenyészetből való betokozódott amoeba «defaecatio» közben, a cysta plasmája telve van a hydrából származó zöldes táplálékkal. 1936 március 2. (a 26. ábra u. e. cystát tűntet föl 5 nap mulva).

28. ábra. Pelmatohydrás tenyészetben betokozódott amoeba a betokozódás első napján: lassú áramlás, majd heves, lökésszerű mozgás után a peripheria egy pontján hyalin álláb jelent meg, melybe rövid időre a mag is benyomult (v. ö. 16. old.) 1936 március 3.

B = belső cystaburok, *bZ* = megbarnult Zoochlorellák, *c* = csalántok, *cs* = csatorna, *cv* = contractilis vacuolum, *ex* = excretum, *ha* = hyalin álláb, *hpl* = hyalin plasma, *k* = külső cystaburok, *ki* = kocsányizom, *M* = Myriophyllum-levél széle, *N* = sejtmag, *Nu* = Nuclearia (?), *r* = rögök, *spl* = szemecskés plasma, *t* = táplálék, *Ta* = táplálékfelvevő álláb, *tpl* = táplálékdús plasma, *u* = világos udvar, *V* = Vorticella, *Z* = Zoochlorella, → mozgás iránya.

(A M. Tud. Akadémia III. osztályának 1936. dec. 14-én tartott üléséről.)

ON THE LIFE METHOD (FEEDING HABIT, ENCYSTMENT) OF HYDRAMOEBA HYDROXENA (ENTZ) REYNOLDS.

by OLGA SEBESTYÉN, Tihany.

(Summary.)

1. Hydromoeba hydroxena has been found abundantly in an aquarium, on Pelmatohydra oligactis originating from Lake Balaton. It has been cultivated successfully — under natural conditions — on Pelmatohydra oligactis in glass cylinders (4 by 9 cm) which were submerged in aquarium (25 by 30 cm, height 25 cm). Hydras of this culture should be fed individually. For cytological purposes as well for direct observations depression-slide cultures with both Pelmatohydra and Chlorohydra were kept in wet-chamber. These cultures may be observed regularely under microscope in order to study life habits (feeding, digestion, defaecation, locomotion, encystment etc.).

2. Artificial infection may be carried out and controlled on slides under lupe. Attachment of amoeba to hydra may take place immediatelly on contact, however there are hydra-individuals, which exhibit resistance to infection. Chlorohydra is apt to fall a victim to amoeba in a shorter space of time than Pelmatohydra.

3. Live cells of hydra-tissue as well as disintegrated cells of a «wounded» hydra may serve as food for amoeba. As infection advances, amoebas multiply quickly and in such a case the whole body of hydra may be consumed. However, for some unknown reason, amoebas sometimes leave their host before its disintegration. Other organisms found in these cultures (Vorticella, Proro-

don (?), Rotatoria) may also be consumed. Cannibalism has not been observed.

4. As has been stated by G. ENTZ, H. h. in respect to feeding habit is a true «robber». It attacks hydra and on account of food being abundantly present, it multiplies rapidly on the host. Animacules of a propriate size may be attacked, siezed and devoured in a carnivorous way. H. h. may lead a free living existance.

5. For feeding purpose a special pseudopod develops, on which a mouth apparatus (mouth-opening and channel) may be distinguished. Size of this «organ» depends on the measurement of food-particles. Large size food, if it is appropriate to «biting», is taken by means of the same pseudopod in particles, in intervals ranging form half a minute to three minutes. Food of small size is eaten wholly. Organisms having resistent pellicula, can't be «bitten», they are taken wholly with real «labour» during a longer time (1—2 hours). The feeding pseudopod disappears immediatelly after feeding.

6. The swallowed food becomes encircled immediatelly by the plasma, a food-vacuolum may develop later on. A resting period following the consummation of large size food is only an occasional phenomenon. Plant cells (zoochlorellae) eaten together with cells of Chlorohydra can partly eliminated without digestion. Defaecation takes place explosively on proteus-form at the end of any pseudopod, on limax-form at the terminal pseudopod. Phenomenon similar to defaecation has been observed during the encysted condition.

7. As for an average rate of plasma-motion 2·55 μ/sec has been found the same for locomotion is 1·206 μ/sec (anterior end of limax-form) respectively 0·207 μ/sec (posterior end of limax-form).

8. H. h. in limax-form exhibits bipolarity in a morphological as well as in a physiological sense. Its anterior end, which is not separated from the body, is characterised by its smooth surface and constant plasmic streaming. The posterior round pseudopod is marked by its wrinkled surface and adhesive quality, in which protoplasmic streaming can't be observed. A contractile vacuolum is always located in the posterior half of the body. The posterior pseudopod is the place of defaecation. The anterior end is distin-

guished by the ability of «perception» and siezing of a prey, while in locomotion both ends have a role.

9. It seems, that encystment occurs periodically, its factors are unknown. The cyst is globulous, wrapped in double membrane. In the cyst various plasmamotions may take place. Exuviation has not been observed.

10. Life-cycle of H. h. as a whole is unknown. Its periodical appearance (seasonal increase in number?) may be connected with life-cycle of freshwater hydras. Encystment may be called forth by favourable coincidence of factors both interior and exterior ones.

(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften vom 14. Dezember 1936.)

SZÉNMONOXID HATÁSA DROSOPHILA-BÁBOK OXIGÉNFOGYASZTÁSÁRA.

WOLSKY SÁNDOR-tól.

A jelen vizsgálatok abból a meggondolásból indultak ki, hogy a szénmonoxid (*CO*), amely a sejtlélekzésre mérgezőleg hat, esetleg felhasználható ezen hatása révén fejlődési folyamatok befolyásolására is. Hogy azonban ezt megkísérelhessük, elsősorban szükséges volt mennyiségileg meghatározni azt a hatást amit a szénmonoxid a kísérleti anyagul választott szervezet lélekzésére kifejt. Kísérleti anyagul a gyümölcslégy *(Drosophila melanogaster)* bábjait választottam; e legyek könnyű *tenyészthetőségük*, bábjaik pedig alakjuk, nagyságuk, sajátos fejlődésbeli állapotuk és még számos más tulajdonságuk következtében különösen alkalmasak. Célom az volt, hogy a *Drosophila* bábok oxigénfogyasztását meghatározzam, először normális körülmények között, azután különböző oxigén-szénmonoxid keverékekben, mégpedig az átalakulás (metamorfozis) különböző stádiumaiban.

A legyeket banán és élesztő keverékén tenyésztettem, kétnapos időközökben indítva a tenyészeteket, lehetőleg egykorú petékből, amiket kétórás perióduson belül nyertem egy-egy korábbi tenyészetből. Ilyen módon úgyszólván állandóan álltak rendelkezésemre megfelelő stádiumbeli bábok. Főleg négy stádium oxigénfogyasztását tanulmányoztam, amiket a következőkben önkényesen I—IV-gyel fogok jelölni. Ezeket úgy választottam meg, hogy lehetőleg egyenlő időközök legyenek közöttük, ugyanakkor pedig jellegzetesek legyenek oxigénfogyasztás szempontjából. Ezek a stádiumok a következők:

I. Korai stádium, az imago teste még nem alakult ki, a lárvakori tracheatörzsek még jól láthatók. (Ezt a stádiumot 25° C-on

való tenyésztésnél mintegy 5—10 órával a bebábozódás után érik el a bábok, v. ö. STRASBURGER 1935.)

II. Az imaginális test megalakult, azonban színeződésnek még semmi nyoma. (Mintegy 25—30 óra 25° C-on való tenyésztésnél.)

III. A szem színeződése megkezdődik, a szemek kb. okkersárgák, egyéb testrészek azonban még színtelenek. Kivételt csak a Malpighi-féle edényekben levő meconium egyre erősödő zöld színe képez, amely áttetszik a színtelen potrohon. (Mintegy 50—60 óra a 25° C-on való tenyésztésnél.)

IV. Késői stádium, a szemek pirosak, a serték színeződése megkezdődött. (Mintegy 75—85 óra a 25° C-on való tenyésztésnél. Ezen a hőmérsékleten a legyek mintegy 90—100 órás korban kelnek ki.)

A bábok oxigénfogyasztásának mérésére WARBURG-féle manométereket használtam, amelyek gáztere a célnak megfelelően kicsiny volt (1·4—1·7 cm^3). (A készülék leírására és használatára nézve l. KREBS 1928.) Egy-egy készülékbe 5—10 bábot helyeztem ismert nagyságú nedves szűrőpapír-szeletre. A fejlődő széndioxid elnyeletése céljából az edények erre a célra szolgáló kiöblösödésébe 0·5 cm^3 5%-os kálilúgot cseppentettem. Egyebekben (bábok lemosása, mérlegelése stb.) POULSON és DOBZHANSKY (1935) eljárását követtem. A szénmonoxid-hatás tanulmányozására háromféle gázkeveréket használtam, ú. m. 5% O_2+95% CO, 10%O_2+90% CO, továbbá 15%O_2+85% CO. Ezeket a keverékeket a továbbiakban a rövidség kedvéért 5, 10, illetőleg 15%-os keverékeknek nevezem. A gázkeverékeket gyárilag előállított oxigénből és koncentrált hangyasavnak forró konc. kénsavba való csepegtetéséből fejlesztett, 25%-os kálilúgon átmosott szénmonoxidból készítettem, egyliteres, 10 köbcentiméterekre beosztott üveg-gazométerekben. Elzárófolyadéknak tömény konyhasóoldatot használtam. Megtöltéskor a manométerek edényeit feleslegben áramoltattam át ezekkel a gázkeverékekkel, egy az edényeken erre a célra készített kivezetőcsövön keresztül. A kísérleteket 25° C-os, $\pm$0·05° C pontossággal szabályozott hőmérsékletű vízfürdőben végeztem, a készülékek himbálása nélkül. Ez tekintettel arra, hogy a bábok közvetlenül a gáztérből és nem pl. vízben elnyelt gázból veszik oxigénszükségletüket, felesleges. A leolvasásokat félóránként végeztem. Minden

kísérletben először a bábok normális oxigénfogyasztását mértem, azután pedig ugyanazoknak a báboknak valamely oxigén-szénmonoxid keverékben mutatkozó oxigén fogyasztását.

Ezeket a vizsgálatokat egyebekkel együtt a stockholmi egyetem (Stockholms Högskola) kísérleti állattani osztályán (Experimentalzoologiska Avdelningen) végeztem, Prof. J. RUNNSTRÖM vezetése alatt, a Rockefeller Foundation egy ösztöndíjának anyagi támogatásával. Kedves kötelességemnek tartom RUNNSTRÖM professzor úrnak és intézete tagjainak a nyujtott sokféle segítségért, az említett alapítványnak pedig az ösztöndíj adományozásáért ezen a helyen is őszinte köszönetemet kifejezni.

Vizsgálati eredmények.

A Drosophila bábok normális oxigénfogyasztására nézve vizsgálataim nagyjában megerősítették a korábbi szerzők (BODINE és ORR 1925, CLARE 1925, POULSON 1935, DOBZHANSKY és POULSON 1935) megállapításait. Ismeretes, hogy a teljes átalakulással fejlődő (holometabolikus) rovarbábok oxigénfogyasztása az átalakulás alatt U-alakú görbével fejezhető ki. Vagyis eleinte, közvetlenül a bebábozódás után a fogyasztás nagy, azután fokozatosan csökken, majd pedig a bábállapot második részében ismét emelkedik, sokszor egészen a kezdeti értékig, vagy még annál is magasabbra. Ezt Drosophila-bábok oxigénfogyasztására nézve is kimutatták az említett szerzők. A saját vizsgálataim szerint (lásd táblázat) az I. stádiumban a bábok óránként és 1 mg száraz testsúlyra átszámítva átlag 4·66 mm^3 oxigént fogyasztanak. A II. stádiumban az oxigénfogyasztás átlagban 2·23 mm^3-re süllyed és a III. szádiumban is csaknem ugyanezen az értéken (2·32 mm^3) vesztegel. A IV. stádiumban végül nemcsak hogy eléri az I. stádiumbeli értéket, hanem még túl is szárnyalja és 5·05 mm^3-re emelkedik. Ha ezeket az adatokat POULSONT (1935) követve határánkénti és élősúlymilligrammonkénti oxigénfogyasztásra számítjuk át (az élősúly méréseim szerint 2·17-szerese volt a szárazsúlynak), jól egyeznek az ő adataival, de magasabbak BODINE és ORR (1925) korábbi adatainál, valamint DOBZHANSKY és POULSON *Drosophila pseudoobscura* oxigén fogyasztására vonatkozó megfigyeléseinél.

A táblázatban közölt átlagadatok mellett mindenütt megadtam az egyes mérések közti különbséget kifejező ú. n. standard eltérést is, amit az $m = \sqrt{\frac{\Sigma x^2}{n-1}}$ képlet alapján számítottam ki. (V. ö. MICHAELIS 1927.) Ebben a képletben Σx^2 az egyes eltérések (x) négyzetének az összege, n pedig az adatok száma. A standard eltérés meglehetősen nagy, ez azonban nem tekinthető kísérleti hibának, hanem egyrészt a bábok közti élettani különbségek (nagyság, lávakori életkörülmények stb.), másrészt a nemi különbségek kifejezőjének. POULSON (1935) és DOBZHANSKY és POULSON (1935) ugyanis nemrég kimutatták, hogy a nőstény bábok valamivel nehezebbek és valamivel kevesebb oxigént fogyasztanak, mint a hím bábok. Az élettani különbségekből eredő anyagcserekülönbségekre is számos példát ismerünk (v. ö. CLARE 1925). Mindez szonban nem befolyásolja az eredményeket, minthogy a vizsgálatok célja nem abszolút, hanem összehasonlító értékek nyerése volt. Minthogy a szénmonoxid hatását minden kísérletben ugyanazon bábok normális fogyasztásának százalékában határoztam meg, az egyes adatok közti különbségek a végeredményre nem voltak befolyással, ami kiderül abból is, hogy a százalékos adatok standard eltérései jóval kisebbek az abszolút értékekéinél.

A szénmonoxidhatásra vonatkozó adatok (l. táblázat) azt mutatják, hogy az I. stádiumban a 15%-os oxigén-szénmonoxid-keverék átlag 55·6%-ra csökkenti a normális fogyasztást, a 10%-os keverék 39·5%-ra, az 5%-os keverék pedig 21·1%-ra. A II. stádiumban levő bábokra a szénmonoxid százalékos hatása csaknem pontosan ugyanekkora. A 15%-os keverékben a maradék-oxigénfogyasztás (WARBURG: «Atmungsrest») a normálisnak 56·5%-a, 10%-os keverékben a maradék 42·0%, az 5%-os keverékben pedig 21·3%. Ezzel szemben a III. és főleg a IV. stádiumban a bábok maradék-oxigénfogyasztása valamivel nagyobb, tehát a lélekzés ellenállóbb a szénmonoxid mérgező hatásával szemben, mint a két előbbi stádiumban. Így a 15%-os keverékben a III. stádiumbeli bábok maradék-oxigénfogyasztása a normális fogyasztásnak 66·6%-a, a IV. stádiumbeli báboké pedig 67·1%. A 10%-os keverékben a maradékfogyasztás 50·0% (III. stádium), illetőleg 57·0% (IV. stádium), míg az 5%-os keverékben 30·5% (III. stá-

dium), illetőleg 29·2% (IV. stádium). Tehát általában 8—10%-kal magasabbak a maradék-oxigénfogyasztás értékei a két későbbi stádiumban, mint a korábbi stádiumokban. Ez azért fontos körülmény, mert az I. és II. stádium az U-alakú lélekzési görbének leszálló ágában, a III. és IV. stádium pedig a felszálló ágában fekszik, tehát a szénmonoxid-hatással szemben való nagyobb ellenállóképesség körülbelül a görbe «fordulópontján» lép fel.

Egyes kísérletekben azt is vizsgáltam, hogy vajjon erős megvilágítással meg lehet-e akadályozni a szénmonoxid mérgező hatását a lélekzésre. Ugyanis, WARBURG (1927) szerint a vastartalmú «lélekzési ezimnek» («Atmungsferment») szénmonoxiddal való kémiai megkötése megvilágítás hatására elmarad, éppúgy, ahogy más vastartalmú szénmonoxid-vegyületek is érzékenyek a fénnyel szemben és szétbomlanak a fény hatására (pl. vaskarbonil, szénmonoxid-hemoglobin, v. ö. WARBURG 1926). Azt találtam, hogy egy 60 wattos égővel mintegy 10—15 cm távolságról megvilágítva a manométerekben levő bábokat, az egyes szénmonoxid keverékek hatása mintegy felére csökken a sötétben észlelt hatáshoz képest. Pontos adatokat nyerni felettébb nehéz, mert olyan zavaró tényezők is közrejátszanak a jelenség létrejöttében, amiket nem lehet kiküszöbölni, nevezetesen a lélekző szövetek átlátszatlansága, sőt a későbbi stádiumokban a bábok színe is, amik mind csökkentik a tulajdonképpeni fényhatást. Ha ezek a zavaró tényezők nem volnának, úgy csaknem teljesen meg kellene szűnni megvilágítás hatására a szénmonoxid mérgező hatásának (WARBURG 1926, 1927, RUNNSTRÖM 1930). Viszont BODINE és BOELL (1934) a *Melanoplus differentialis* nevű szöcske petéin egyáltalán nem észlelték a fénynek ezt a gátló hatását a szénmonoxidhatással szemben, amiből más észleletekkel együtt messzemenő következtetéseket vontak WARBURG lélekzési elméletének korlátolt érvényességére nézve.

Az eredmények taglalása.

A szénmonoxidnak a *Drosophila melanogaster* bábjaira gyakorolt lélekzésgátló hatását igen tekintélyesnek mondhatjuk, ha összevetjük más szervezetekre gyakorolt hatásával. Így pl. a megtermékenyített tengerisünpeték oxigénfogyasztása (RUNN-

STRÖM 1930, ÖRSTRÖM 1935) 15%-os oxigén-szénmonoxidkeverékben még mintegy 90%-a a normális fogyasztásnak, tehát alig csökken észrevehetőleg. De még 10%-os keverékben is mintegy 75% a maradék-lélekzés, 5%-os keverékben pedig mintegy 50%, holott a *Drosophila*-bábok oxigénfogyasztása ugyanezekben a keverékekben még a legkedvezőbb esetben, tehát a későbbi stádiumokban is mintegy 25%-kal nagyobb százalékos csökkenést mutat a normális oxigénfogyasztáshoz képest. (Megtermékenyítetlen tengerisünpetékben egyáltalán nem észlelhető a szénmonoxid lélekzésgátló hatása.) Az élesztőgombák oxigénfogyasztása szénmonoxid hatására nagymértékben függ attól, hogy milyen anyagokat oxidálnak a gombák (ÖRSTRÖM 1935). Ha a táptalaj nátriumacetát, akkor a szénmonoxid gátlóhatása körülbelül akkora, mint a Drosophila-bábok esetében, nátriumformiát, nátriumpiruviát és nátriumlaktát esetében azonban a gátlóhatás csekélyebb. BODINE és BOELL (1934) a *Melanoplus differentialis* petéivel végzett említett kísérleteikben azt találták, hogy a fejlődő peték oxigénfogyasztása valamivel kisebb mértékben csökkenthető szénmonoxiddal, mint a *Drosophila*-bábok fogyasztása (10%-os oxigén-szénmonoxidkeverékben a maradék-légzés 53·4%-a a normálisnak, 5%-os keverékben pedig 33·5%-a). Ezzel szemben a nyugalmi állapot (diapauza) idején a peték oxigénfogyasztása egyáltalán nem gátolható szénmonoxiddal. Ez világosan mutatja a különböző «nyugvó állapotok» és a bábállapot közti elvi különbséget, mert bár a bábállapot külsőleg szintén «nyugalmi állapot», lényegében mégis az erőteljes fejlődésnek, tehát aktív életműködésnek a szakasza, ami kifejezésre jut a szénmonoxiddal szemben tanusított viselkedésben is.

További fontos körülmény a *Drosophila*-bábok lélekzésének szénmonoxiddal való mérgezése tekintetében, hogy a bábok oxigénfogyasztása a különböző szénmonoxidkeverékekben a WARBURG-féle számításoknak megfelelő arányban csökken. Tudvalevő, hogy erre nézve WARBURG (1927) a következő képletet vezette le:

$$\frac{n}{1-n} \cdot \frac{CO}{O_2} = K \text{ (állandó)}$$

Ebben a képletben n a maradék-lélekzés («Atmungsrest») a normális lélekzés százalékában, $1-n$ pedig természetesen a lélekzésnek az

a része, amelyet a szénmonoxid meggátolt, míg $\frac{CO}{O_2}$ a szénmonoxid és oxigén százalékos aránya a gázkeverékben. Amennyiben tehát ezt az arányt változtatjuk, arányosan kell változni a maradéklélekzés nagyságának is, hogy a keverékarány és a lélekzésarány szorzata mindig ugyanazt az állandó K értéket, a lélekzési állandót adja. Az eddigi ilyenirányú vizsgálatok legnagyobb részében a K értékek jelentősen eltértek a számítástól, mégpedig a több oxigént tartalmazó keverékek esetében magasabbak voltak a számítottnál. Ezt azzal magyarázták, hogy a lélekzési enzimrendszer nincsen telítve, nincsen maximálisan megterhelve, több van belőle a sejtben vagy szövetben, mint amennyi a mindenkori normális lélekzés, oxidáció katalizálásához szükséges (WARBURG 1927, RUNNSTRÖM 1930, ÖRSTRÖM 1935). Ezzel szemben a *Drosophila*-bábokra vonatkozó adatokból kiszámított K értékek (lásd táblázat) meglehetősen állandóak egy-egy stádiumon belül. Azok a mintegy 2—3 egységnyi eltérések, amik mégis mutatkoznak, részben arra vezethetők vissza, hogy a csekély oxigéntartalmú gázkeverékekben (5%-os keverékek) nemcsak a szénmonoxid mennyisége, de az oxigén alacsony parciális nyomása, illetve a szénmonoxid parciális nyomásának túltengése is hozzájárul a légzésgátló hatás kialakításához és ilyen módon az nagyobb lesz, mintha kizárólag csak a szénmonoxid mérgező hatása idézné elő. Ha ezt figyelembe vesszük, úgy K értéke az egyes stádiumokra nézve állandónak nevezhető, mégpedig úgy látszik, hogy az illető stádiumban talált legmagasabb K érték az irányadó. A K állandósága az egyes stádiumokon belül arra vall, hogy a *Drosophila*-bábokban a lélekzési fermentrendszer állandóan a telítettség állapotában van, vagyis teljesen igénybe van véve a lélekzés katalizálására.

Ilyen körülmények között a bábok átalakulása során mért oxigénfogyasztásnak U-alakú görbével való kifejezhetősége egyszerűen arra vezethető vissza, hogy az átalakulás (metamorfózis) első részében, tehát az U-alakú görbe leszálló ágában a lélekzési fermentrendszer mennyisége fokozatosan megcsökken, ami a szövettani képek ismeretében könnyen elképzelhető. Viszont az átalakulás második szakaszában, tehát a lélekzési görbe felszálló ágában a lélekzési

fermentrendszer mennyisége is újra gyarapszik és az átalakulás befejeztekor, az imago kikelésekor nemcsak hogy eléri, hanem túl is szárnyalja azt a mennyiséget, amellyel a bebábozódáskor az átalakulás folyamata megindult. Hogy azonban a lélekzési fermentrendszernek ez az újjáépülése nem pontosan az eredeti viszonyoknak a helyreállítását jelenti, azt mutatja az a körülmény, hogy az átalakulásnak a második részében, a lélekzési görbe felszálló ágában, amit kísérleteimben a III. és IV. stádium képviselt, a lélekzési enzimrendszer másképen, mégpedig ellenállóbban viselkedik a szénmonoxid mérgező hatásával szemben, mint az átalakulás első részében. Hogy a lélekzési enzimrendszernek ez a nagyobb ellenállóképessége a szénmonoxidmérgezéssel szemben arra vezethető-e vissza, hogy magában az enzimrendszerben álltak be kémiai változások, vagy pedig arra, hogy a környező közegben beállott kémiai változások (pl. a p_H vagy a sótartalom megváltozása) megváltoztatják a lélekzési enzimrendszer reakcióinak sebességét — ezt a kérdést vizsgálataim alapján nem lehet eldönteni. Nem lehet eldönteni azt sem, hogy az átalakulás folyamán a lélekzési enzimrendszer mennyiségének változásaival *párhuzamosan* nem változik-e a szubsztrátumot «aktiváló» (szubsztrátum-dehidrogenáló) rendszer mennyisége vagy teljesítőképessége, vagyis az oxidálható «aktív» szubsztrátum mennyisége is. Ezeknek az inkább életvegytani vonatkozású kérdéseknek az eldöntése más vizsgálatok feladata lesz.

Összefoglalás.

1. A *Drosophila melanogaster* bábjainak oxigénfogyasztása az átalakulás alatt U-alakú görbével fejezhető ki, amennyiben kezdetben magas, azután fokozatosan csökken, míg az átalakulás második részében ismét emelkedik és végül eléri, sőt némileg túlszárnyalja a kezdeti értéket.

2. A szénmonoxid erősen gátolja az oxigénfogyasztást a bábállapot minden stádiumában. A gátló hatás egy-egy stádiumon belül arányos a szénmonoxid és oxigén arányával és megfelel Warburg (1927) egyenletének, amely szerint $\frac{1}{1-n} \cdot \frac{CO}{O_2} = K$.

3. A szénmonoxid légzésgátló hatása némileg kisebb az átala-

kulás második szakaszában, tehát attól kezdve, hogy az oxigénfogyasztás ismét növekedni kezd.

4. A szénmonoxid gátló hatása fényérzékeny jelenség, mert erős megvilágítás esetén a gátlóhatás lényegesen kisebb, mint sötétben.

Irodalom.

Bodine, J. H. és E. J. Boell (1934): Action of carbon monoxide on respiration of normal and blocked embryonic cells (Orthoptera). J. cell. and comp. Physiol. **4**, 475.

Bodine, J. H. és P. R. Orr (1925): Physiological studies on respiratory metabolism. Biol. Bull. Wood's Hole **48**, 1.

Clare, M. R. (1925): A study of oxygen metabolism in Drosophila melanogaster. Biol. Bull Wood's Hole **49**, 440.

Dobzhansky, Th. és D. F. Poulson (1935): Oxygen consumption of Drosophila pupae II. Drosophila pseudo-obscura. Z. vergl. Physiol. **22**, 473.

Krebs, H. A. (1928): Stoffwechsel der Zellen und Gewebe. In T. Péterfi: Methodik der wiss. Biol. **2**, Berlin, J. Springer.

Michaelis, L. (1927): Einführung in die Mathematik für Biologen und Chemiken. Berlin. J. Springer.

Örström, Å. (1935): Über den Einfluss des Kohlenoxyds auf die Atmung der Hefezelle in verschiedenen Substraten. Modellversuche zur Physiologie der Befruchtung. Protoplasma **24**, 177.

Poulson, D. F. (1935): Oxygen consumption of Drosophila pupae I. Drosophila melanogaster. Z. vergl. Physiol. **22**, 466.

Runnström, J. (1930): Atmungsmechanismus und Entwicklungserregung bei dem Seeigelei. Protoplasma **10**, 106.

Strasburger, E. H. (1935.): Drosophila melanogaster Meig. Eine Einführung in den Bau und die Entwicklung. Berlin, J. Springer.

Warburg, O. (1926): Über die Wirkung des Kohlenoxyds auf den Stoffwechsel der Hefe. Biochem. Zeitschr. **177**, 471.

Warburg, O. (1927): Über die Wirkung von Kohlenoxyd und Stickoxyd auf Atmung und Gärung. Biochem. Zeitschr. **189**, 354.

(A M. Tud. Akadémia III. osztályának 1936. dec. 14-én tartott üléséből.)

Táblázat

Szénmonoxid hatása Drosophila melanogaster bábok oxigénfogyasztására 25° C hőmérsékleten. Kísérleti eredmények összegezése.

Stádium megnevezése	Bábok átlagos szárazsúlya mg-ban ± standard eltérés az átlagtól és zárójelben a standard eltérés %-okban	Gáz összetétele	Kísérletek száma	Oxigénfogyasztás óránként 1 mg száraz testsúlyra számítva, mm^3-ben. Átlag ± standard eltérés és zárójelben a standard eltérés %-okban	Maradék oxigénfogyasztás ugyanazon bábok normális fogyasztásának %-ában. Átlagérték ± standard eltérés és zárójelben a standard eltérés %-okban	K
I.	0·44 ± 0·11 (23·7)	levegő	26	4·66 ± 1·11 (23·8)	—	—
		85% CO / 15% O_2	10	2·53 ± 0·68 (27·0)	55·6 ± 6·2 (11·2)	7·1
		90% CO / 10% O_2	5	2·12 ± 0·83 (39·0)	39·5 ± 7·0 (17·8)	5·9
		95% CO / 5% O_2	10	0·85 ± 0·05 (5·9)	21·1 ± 2·6 (12·3)	5·1
II.	0·44 ± 0·10 (22·5)	levegő	16	2·23 ± 0·52 (23·2)	—	—
		85% CO / 15% O_2	9	1·28 ± 0·33 (34·0)	56·5 ± 9·9 (17·5)	7·4
		90% CO / 10% O_2	3	0·93 ± 0·54 (58·0)	42·0 ± 1·9 (4·5)	6·5
		95% CO / 5% O_2	4	0·47 ± 0·05 (10·6)	21·3 ± 3·6 (16·9)	5·1
III.	0·41 ± 0·08 (20·6)	levegő	10	2·32 ± 0·47 (20·5)	—	—
		85% CO / 15% O_2	3	1·60 ± 0·06 (3·9)	66·6 ± 2·8 (4·1)	11·3
		90% CO / 10% O_2	3	1·15 ± 0·10 (8·7)	50·0 ± 7·3 (14·9)	9·0
		95% CO / 5% O_2	4	0·72 ± 0·05 (7·0)	30·5 ± 2·9 (9·5)	8·2
IV.	0·36 ± 0·07 (20·5)	levegő	25	5·05 ± 0·84 (16·5)	—	—
		85% CO / 15% O_2	11	3·10 ± 0·88 (27·6)	67·1 ± 6·5 (9·9)	11·5
		90% CO / 10% O_2	4	2·38 ± 0·62 (26·0)	57·0 ± 3·2 (5·6)	12·0
		95% CO / 5% O_2	10	1·48 ± 0·63 (42·2)	29·2 ± 3·0 (10·3)	7·9

DIE WIRKUNG DES KOHLENOXYDS AUF DEN SAUERSTOFFVERBRAUCH VON DROSOPHILAPUPPEN.

Von ALEXANDER WOLSKY.

Puppen von *Drosophila melanogaster* wurden in vier verschiedenen Entwicklungsstadien (ungefähr 5—10, 25—30, 50—60, bzw. 75—85 Stunden alt bei 25° C gezüchtet) auf die Hemmbarkeit ihrer Atmung durch Kohlenoxyd hin untersucht. Die normale Atmung während der Metamorphose kann durch eine U-förmige Kurve ausgedrückt werden, da sie zuerst hoch ist, dann allmählich stark herabsinkt, um in dem zweiten Abschnitt der Metamorphose wieder bis zum Ausgangswert oder noch etwas höher zu steigen (vgl. BODINE und ORR 1925, CLARE 1925, POULSON 1935, DOBZHANSKY und POULSON 1935, u. a.). Die Atmung wird durch Kohlenoxyd in jedem Stadium ziemlich stark gehemmt. Die Hemmung ist innerhalb eines Stadiums proportional dem Oxygengehalt der benützten Kohlenoxydgemischen (5, 10, bzw.1 5 proz.) und entspricht im allgemeinen der WARBURGschen Verteilungsgleichung (WARBURG 1927), $\frac{n}{1-n} \cdot \frac{CO}{O_2} = K$, wobei n den «Atmungsrest» in Prozenten der normalen Atmung bedeutet. Die Giltigkeit der Verteilungsgleichung deutet darauf hin, dass das Atmungsfermentsystem während der ganzen Metamorphose gesättigt, d. h. maximal in Anspruch genommen ist. Die atmungshemende Wirkung des Kohlenoxyds ist im ersten Abschnitt der Metamorphose, d. h. im herabsinkenden Ast der U-förmigen Respirationskurve stärker als im zweiten Abschnitt, woraus man darauf schliessen

kann, dass im Atmungsfermentsystem (oder in den äusseren Faktoren, die die Geschwindigkeit seiner Reaktionen bedingen, z. B. p_H, oder Salzgehalt des Mediums) Veränderungen während der Metamorphose auftreten. Die Hemmungswirkung des Kohlenoxyds auf die Atmung ist eine lichtempfindliche Reaktion und kann durch Beleuchtung bis zu einem gewissen Grade aufgehoben werden.

(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften vom 14. December 1936.)

A BALATONI SZENTGYÖRGY-HEGY BAZALTJA.

MAURITZ BÉLA r. tagtól és H. F. HARWOOD-tól.

Három táblával.

A Balatonvidék bazaltos kőzeteivel VITÁLIS ISTVÁN foglalkozott a legbehatóbban. SOMMERFELDT ERNŐ a titánnak a Szentgyörgy-hegy bazális és csúcsi régióiban való eloszlását kutatta. (XIII. tábla, 1. kép.)

VITÁLIS szerint a Tapolcától délre fekvő Szentgyörgy kőzete Kabhegy-típusú ilmenit-magnetit-földpátbazalt: e kőzettípusra jellemző «az a negatív jellemvonás, hogy a trichites és ilmenites sárgásbarna üvegbázis teljesen hiányzik belőlük» (65. oldal VITÁLISnál), továbbá «A Szentgyörgy-hegy tömzsében egyformán vált ki az ilmenit a legmélyebben feltárt szinttől kezdve fel a tetőhágóig» (71. oldal VITÁLISnál). Felemlíti még VITÁLIS, hogy «Az oszloposan s a felső szintben poliédrikusan is elvált, együtt 40—50 méter vastag bazalttömeg egységes lávatakarót alkot, amely a kokkolitos szerkezet tanúsága szerint schlieres magmából keletkezett» (26. old.); megemlíti még VITÁLIS, hogy «A Szentgyörgy-hegynek ez a geológiai szerkezete arra enged következtetni, hogy a hegy bazaltos anyagát legalább is két, sőt valószínűen három erupció-ciklus építette fel: az idősebbhez tartozik az alsó bazalttufagyűrű és az oszloposan elvált bazalttakaró, a fiatalabbhoz a felső bazalttufa és a tető salakos bombás bazaltja» (28. oldal).[1]

---

[1] VITÁLIS monográfiájának német fordítása e helyen nem fedi pontosan a magyar szöveget; a német fordítás így hangzik: «Diese geologische Struktur des Szentgyörgy-hegy erlaubt den Schluss, dass das basaltische Material des Berges wenigstens während zwei, ja wahr-

VITÁLIS szerint a Szentgyörgy-hegy felépítése a következő: Az alsó bazalttufa 270—290 m tengerszintfeletti magasságban van; az egységes 40—50 m vastag bazalttakaró a 290—330 m tengerszintfeletti magasságot foglalja el; a felső bazalttufa 336—380 m tengerszintfeletti magasságban van. Maga a csúcs 80 m magas (415 m a tenger színe felett); a csúcsnak az alsó része bazalttufából áll, mely körülbelül 60 m vastag; reája telepszik a 20 m vastag salakos, bombákkal behintett bazalttakaró.

A geológiai viszonyokat VITÁLIS főképpen az úgynevezett déli kapuban figyelte meg, mely tágasabb medencévé szélesedik ki.

Az újabb feltárások azt bizonyítják, hogy a Szentgyörgy-hegynek a nyugati része semmi esetre sem egy egységes bazalttakaró, hanem okvetlenül két, egymástól élesen különváló bazaltömlésből keletkezett. A hegynek a nyugati oldalán tekintélyes kőbányát nyitottak, mely ugyan jelenleg már nincsen művelés alatt, azonban e kőbányában még ma is kitűnően fel vannak tárva a települési viszonyok. Legalul látjuk a bazalttufát, mely a kőbányának a talpát alkotja. A tufán nyugszik az alsó bazalttakaró, mely 10—15 m vastag, kőzete sötétebb színű és durvább szemű, vastag oszlopai vékony táblákban, ill. lemezekben válnak el. (XIII. tábla, 2. kép.) Ez az alsó takaró nagyon élesen válik külön a felső takarótól. Utóbbinak a kőzete világosabb színű, jóval apróbb szemű és vékony oszlopokban válik el; e vékony oszlopok kúposan futnak össze a csúcs felé (XIV. tábla, 3. kép). A tetőn a salakos likacsos bazalt foglal helyet.

A két lávatakaró kőzetének szövete egymástól nagyon eltérő. Az alsó lávatakaró kőzete sokkal durvább szemű, tehát dolerites szövetű. Már szabad szemmel fel lehet ismerni az olivin- és augitszemeket, továbbá a földpátlemezeket, melyek 0·5 mm átmérőjűek is lesznek. Az ilmenittáblácskák ugyancsak a szabad szemmel való láthatóság határán vannak. A kőzet az időjárás viszontag-

---

scheinlich drei Eruptionszyklen aufgebaut wurde: aus dem ersten rührt der untere Basalttuffring und die säulig abgesonderte Basaltdecke her, aus dem zweiten der polyedrische Basalt des Nordabhanges und der obere Basalttuff und zum dritten der schlackige Bombenbasalt des Gipfels» (Seite 32).

ságainak kitéve gyorsan rozsdásodik. A mikroszkóp alatt vizsgálva a kőzet porfiros szerkezetűnek bizonyul. Beágyazások gyanánt az olivin-, augit-, földpát- és ilmenitegyének jelennek meg. Az olivinbeágyazások nagyrészt automorfok, metszeteik a szokásos hatszögeket tüntetik fel. Szerpentinesedésük különböző fokon van; egyes olivinszemeket csak finom szerpentinerek járnak át, mások már nagyrészt zöldes szerpentinné alakultak át. Az olivinben apró, szegfűbarnán áttetsző titánvascsillámlemezeket látunk. Jóval ritkábbak az augitbeágyazások; gyakran felismerhetők a következő formák: (100), (010), (110) és ($\bar{1}11$). A kristályok termete rendesen rövid prizmás, ritkán hosszabb oszlopos; keresztmetszetük nyolcszög, a hasadás jól kivehető. Az apróbb szemek csaknem teljesen xenomorfok szoktak lenni. Makroszkopice az augitok feketék, de a mikroszkóp alatt vagy világosbarnásak, kissé ibolyás vagy zöldes árnyalattal, vagy pedig ritkábban barnás-ibolyásan áttetszőek; zónás vagy homokórás szerkezet meg nem figyelhető; az (100) szerinti ikrek gyakoriak és sokszor poliszintetikusak. A pleochroizmus alig ismerhető fel. A kioltás a (010) lapon, vagyis c: $c = 39°$; a bissektrixek diszperziója igen gyenge, de azért megfigyelhető; az optikai tengelyek diszperziója erős. Ezek az optikai tulajdonságok olyan bazaltos augitra utalnak, amely kevés titánt tartalmaz. Zárványok gyanánt csak egyes ércszemecskék láthatók.

A földpátbeágyazások nagyon ritkák; termetük csaknem mindig táblás; hosszuk 1 mm is lehet, szélességük 300 μ; poliszintetikus albitikrek, az ikerrostozás meglehetős finom; ritkák a karlsbadi és bavenoi ikrek. Tulajdonképpeni zónás szerkezetet, amelyben az egyes zónák egymástól élesen elválnának, nem látunk, azonban a kioltás szögében nagy különbségek vannak; a lemezek belsejében a kioltás igen ferde, míg a szegélyen a kioltás néha csaknem egyenes; a maximális szimmetrikus kioltás 34—40°; az albit-karlsbadi négyes ikrek konjugált kioltása 15—25° és 34—45°, tehát a lemezek magja igen bázikus és a külső köpenyük jóvalta savanyúbb; a közepes fénytörési együttható 1·56; így tehát a földpátok nagyrészt a labradoritsorba tartoznak.

Az alapanyagban csak igen csekély számú olivinszemet találunk; maga az alapanyag főképpen földpátból és augitból áll.

A földpáttáblák metszetei az alapanyagban lécek gyanánt jelennek meg; hosszuk 100—200 μ, szélességük 10—34 μ. A poliszintetikus ikerlemezesség csaknem minden lécen felismerhető; a kioltás szöge kisebb, mint a földpátbeágyazásokon, tehát az alapanyag földpátja savanyúbb labradorit; erre utal máskülönben a fénytörési együttható is.

Az alapanyag augitegyénei ritkábban automorfok, többnyire csak kerek vagy hosszúkás szemeket alkotnak; színük gyakran inkább zöldes, mint barnásibolya; máskülönben tulajdonságaik az augitbeágyazásokéihoz hasonlóak. Helyenként az augitszemecskék bővebben összehalmozódnak, úgyhogy 2—3 mm-nyi halmazok keletkeznek, amelyek kizárólag augitegyénekből állanak.

Nagyon ritkán lehet egyes pirinyó, vörösbarnán átlátszó, erősen pleochroos biotitlemezkét megfigyelni.

A kőzetre legjellemzőbb az ilmenitnek tömeges megjelenése. Rendesen az ismeretes vadgalt formákban látható; néha azonban hatszögletű határvonalak, ill. táblás kristályok is felismerhetók. A táblás kristályok ugyancsak ritkán vannak egyenes határvonalakkal szegélyezve, hanem inkább vagdalt szegélyűek. A nagyobb, vagdalt szegélyű egyének földpát- és augitzárványokat tartalmaznak, ill. a földpáttáblák és augitszemek félig be vannak nőve a titánvasba; utóbbinak egyénei elérhetik a 800 μ méretet is (XIV. tábla, 4. kép.) Az ilmenitnek különféle növekedési formái a kőzetben rendesen csoportosan jelennek meg, úgyhogy az ilmenit nincsen egyenletesen eloszolva, hanem helyenként bőségesen van felhalmozva. E nagyobb méretű ilmenitegyének teljesen opakok; a fémfényű lemezkék kékesen verik vissza a fényt. Gyakran látható azonban, hogy az elvékonyodó ilmenittáblácskák szegfűbarnán áttetsző titánvascsillámba mennek át. A rendkívül vékony, hatszögletű vagy inkább lebenyalakú titánvascsillámpikkelykék tömegesen jelennek meg az alapanyagban; vékonyságuknak megfelelően világosabb vagy sötétebb barnán áttetszőek. A lemezkék gyakran hatszögesen parkettázottak. A titánvaslemezkéknek ez a tömeges megjelenése jellemzi a legélesebben az alsó lávatakaró kőzetét (XV. tábla, 5. kép). E titánvascsillám-lemezkék azonban zárvány gyanánt az olivinszemecskékben is megjelenhetnek. Igen feltűnő jelenség, hogy az ilmenit a földpáthoz képest részben idő-

sebb képződmény, ugyanis a földpát gyakran teljesen vagy félig be van zárva az ilmenitbe. Magnetitből állanak a csekélyszámú négyzetes ércmetszetek, amelyek azonban mennyiségre nézve az ilmenit mögött messze elmaradnak.

Nagy számmal láthatók az alapanyagban igen finom, de nagyon hosszú tűk. Ezeknek nagyobbrésze teljesen színtelen, erősen fénytörő, elég erősen kettős törő és ferdén olt ki. Ezek a tűk minden valószínűség szerint augittűk. Más tűk azonban kétségtelenül apatitból állanak. Ezeknek kettős törése gyenge, kioltásuk egyenes, a hosszanti irány a; gyakran ízekre vannak tagolva; hosszukban a középen sötétre festett csatorna húzódik. Az apatittűk igen korai képződmények; némely, 3 mm hosszú, de csak 30 μ vékony prizma akadály nélkül átmegy minden elegyrészen.

A kőzetben nem lehet kőzetüveget felismerni. Még a legfrissebb kőzetpéldányok alapanyagában is találunk szerpentinesedett részeket: a zöldes tömeg gyengén kettős törő és sugaras-rostos szerkezetű. Mellesleg kevés mészpát is jelen van. Nincsen kizárva, hogy a szerpentinesedett részek eredetileg kőzetüvegből állottak.

Egy kőzetpéldányban, mely ebből az alsó takaróból származott, éspedig a feküt alkotó bazalttufa közvetlen szomszédságából vétetett, kissé eltérő szövetet lehetett felismerni. Beágyazások gyanánt csaknem kizárólag automorf olivinegyének jelennek meg; az alapanyag sokkal finomabb szemű; az érc a kőzetben sokkal egyenletesebben van eloszolva; az ilmenit mellett kissé bővebben látható a magnetit; a titánvascsillám azonban igen nagy mennyiségben vált ki.

Az alsó lávatakaró szövete a Szentgyörgy-hegyen csaknem mindenhol megismétlődik. A hegy ÉNy-i oldalán, magasan fent, kis kőbánya van, melynek kőzete kitűnően kagylós törésű; az ÉK-i oldalon vannak a nagy orgona gyönyörű oszlopai; mindezekről a helyekről vett különféle példányokban az alsó lávatakaróval azonos szövetű metszeteket kapunk.

Teljesen eltérő a szövete a felső lávatakarónak, mely a Szentgyörgy-hegy nyugati oldalán levő kőbányában jól fel van tárva. E lávatakaró élesen elválik az alsó takarótól; kőzetének színe világosabb, szövete finomabb szemű, elválása vékonyabb oszlopos; a vékony oszlopok a hegy csúcsa felé kúposan futnak össze. Szabad

szemmel nézve a világosabb színű kőzetben csakis az olivinbeágyazásokat lehet felismerni, melyek többnyire automorf, ritkábban xenomorf szemek; átmérőjük az 1·5 mm-t éri el. A többi elegyrész csakis az alapanyagra szorítkozik. Az utóbbi sokkal finomabb szemű és főként plagioklásztáblácskákból, augitszemecskékből és ércrészletekből áll (XV. tábla, 6. kép).

A földpáttáblácskák a mikroszkóp alatt mint finom, sűrűn ikerrovátkolt lécek jelennek meg, melyek 100—200 μ hosszúak és 10—20 μ szélesek; az optikai tulajdonságok labradoritra utalnak: a közepes fénytörési együttható 1·56, a maximális szimmetrikus kioltás kb. 35°. Az augitegyének többnyire automorfok, termetük zömök, oszlopos; hosszuk 50—150 μ, szélességük 30—80 μ; ritkábban kerekedett szemek; színük világoszöldesbe hajló barnás; a kioltási szög kb. 40°; a bissektrixek diszperziója észrevehető. A földpát- és augitegyének teljesen friss állapotban vannak. Az ércek túlnyomórészt magnetitből állanak; ebben a tekintetben különbözik a felső takaró kőzete a legélesebben az alsó takaró kőzetétől. A magnetit az egész kőzetben egyenletesen sűrűn van eloszolva; a 10—40 μ-nyi szemecskék többnyire automorfok; a mikroszkópi metszetben mint négy-, három- és hatoldalú idomok jelennek meg. A magnetittel ellentétben az ilmenit csak kis mennyiségben lép fel; a vagdalt formák teljesen hiányzanak; a titánvascsillámnak szegfűbarnán áttetsző pikkelyei helyenként felismerhetők az alapanyagban; e lemezkék rendkívül vékonyak, ritkán automorfok, többnyire karéjos-lebenyesek.

Azok a finom tűk, amelyek az alsó takaró kőzetében olyan tömegesen jelentek meg és részben augittűknek, részben apatitoszlopocskáknak bizonyultak, a felső takaró kőzetében is megvannak, azonban mennyiségük csak igen csekély.

Habár a kőzet meglehetős friss állapotban van, az alapanyag számos hézaga mészpáttal van kitöltve; éppen e miatt az alapanyagban kőzetüveget nem lehet felismerni.

VITÁLIS azt állítja, hogy «az idősebb ömlésből keletkezett bazanitoidban a magnetit, a fiatalabb földpátos bazaltban az ilmenit van túlsúlyban (72. oldal jegyzete).» Miként az előző leírásból látható, a Szentgyörgy-hegyen végzett vizsgálataim e megállapításnak éppen ellentmondanak.

SOMMERFELDT ERNŐ vizsgálatai alig vehetők tekintetbe, mert ez a kutató a Szentgyörgy-hegy igazi felépítését nem ismerte fel.

A kőzetek kémiai összetételéről és különösen a titántartalomnak a két lávatakaróban való eloszlásáról H. F. HARWOOD kémiai elemzései teljes felvilágosítást nyujtanak.

1. Szentgyörgy-hegy, alsó lávatakaró. H. F. HARWOOD elemzése.

SiO_2	48·73%
Al_2O_3	15·78
Fe_2O_3	2·89
FeO	6·47
MgO	7·09
CaO	8·93
Na_2O	4·08
K_2O	1·04
H_2O^+	1·33
H_2O^-	0·45
CO_2	nincs
TiO_2	2·44
ZrO_2	nyom
P_2O_5	0·83
Cl	nincs
S	0·01
Cr_2O_3	0·017
V_2O_3	0·05
NiO	nincs
MnO	0·16
SrO	—
BaO	0·08
Li_2O	nyom
	100·37 %

Sűrűség $D^{20°}/4° = 2·846$

A NIGGLI-féle értékek az essexitgabbroid magmára utalnak; a gabbrodiorites magmák kovasavban gazdagabbak:

	s	al	fm	c	alk	k	mg	metszet
essexitgabbroid-magma-típus	105	23	43	24	10	0·25	0·45	4
gabbrodioritmagma-típus	135	24·5	42·5	23	10	0·28	0·50	4
Szentgyörgy, alsó takaró	116	22	44	23	11	0·14	0·58	4

Szentgyörgy, alsó takaró ..... $ti = 4{\cdot}37$, $p = 0{\cdot}83$, $qz = -28$, $c/fm = 0{\cdot}52$.

Az OSANN-féle kőzetparaméterek a Londorf-típussal egyeznek meg:

	s	a	c	f	n	k	sor
Londorf-típus	52·72	3·5	4	22·5	7·5	0·81	*a*
Szentgyörgy, alsó takaró	54·72	4·3	4·3	21·4	8·7	0·84	*a*

2. Szentgyörgy-hegy, felső takaró. Elemző H. F. HARWOOD.

SiO_2	47·79 %
Al_2O_3	15·78
Fe_2O_3	1·74
FeO	7·24
MgO	7·67
CaO	8·50
Na_2O	3·35
K_2O	2·15
H_2O^+	1·49
H_2O^-	0·82
CO_2	0·66
TiO_2	1·99
ZrO_2	nincs
P_2O_5	0·69
Cl	0·04
S	0·01
Cr_2O_3	0·014
V_2O_3	0·04
NiO	nincs

MnO	0·16
SrO	0·03
BaO	0·06
Li_2O	nyom
	100·22 %

Sűrűség $D20°/4°$ = 2·875

A NIGGLI-féle értékek:

si	al	fm	c	alk	ti	p	qz	k	mg	c/fm	metszet
114	22	45	22	11	3·56	0·70	—30	0·30	0·61	0·48	4

Az OSANN-féle paraméterek:

s	a	c	f	n	sor
53·97	4·2	4·3	21·5	7·0	β

A NIGGLI-féle értékek ugyancsak az essexitgabbroidmagmára utalnak, míg az OSANN-féle paraméterek szintén a Londorf-típusformulához hasonlóak.

Az alsó takaró titánsavtartalma valamivel nagyobb, mint a felső takaróé. Miután a felső takaróban a mikroszkóp csak kevés titánvascsillámot árul el, ennek folytán e kőzet magnetitjének erősen titántartalmúnak kell lennie.

Az 1921. évben e kőbányában még egy bazalttelért lehetett látni, mely a fekü bazalttufát szelte keresztül (e telért jelenleg már elborítja a lejtőtörmelék). E kőzet összetétele a következő:

3. Szentgyörgy-hegy, telér a bazalttufában. Elemző H. F. HARWOOD.

SiO_2	48·80 %
Al_2O_3	17·80
Fe_2O_3	3·72
FeO	3·99
MgO	7·07
CaO	8·55
Na_2O	3·85
K_2O	0·98

H_2O^+	1·21
H^3O^-	1·07
CO_2	nincs
TiO_2	2·33
ZrO_2	nyom
P_2O_5	0·68
Cl	nincs
S	nyom
Cr_2O_3	nincs
V_2O_3	0·03
NiO	nincs
MnO	0·13
SrO	0·03
BaO	0·06
Li_2O	nyom
	100·30 %

Sűrűség $D20°/4°$ = 2·858

A NIGGLI-féle értékek:

si	al	fm	c	alk	ti	p	qz	k	mg	c/fm	metszet
119	25·5	41·5	22·5	10·5	4·28	0·71	—23	0·14	0·63	0·55	4

A kőzet kémiai összetétele, különösen a kovasavtartalom arra utal, hogy a kőzet az essexitgabbroid és gabbrodiorit-típusok közötti középhelyet foglalja el.

Az OSANN-féle paraméterek közelebb állanak a Kinnekulle-típushoz:

	s	a	c	f	n	k	sor
Kinnekulle-típus	53·62	3·5	5·5	21	8·0	0·86	α
Szentgyörgy-hegy telérje	55·31	4·3	6·0	19·7	8·6	0·87	α

A kőzetek ásványtani összetétele az amerikai normákban a következő:

	alsó takaró	felső takaró	telér
ortoklász	6·12 %	12·79 %	5·56 %
albit	33·01	23·58	32·49
anortit	21·68	21·68	28·63
nefelin	0·85	2·56	—
diopszid $CaSiO_3$	7·42	6·61	4·06
diopszid $MgSiO_3$	5·10	4·40	3·40
diopszid $FeSiO_3$	1·71	1·72	0·13
hipersztén $MgSiO_3$	—	—	6·10
hipersztén $FeSiO_3$	—	—	0·26
olivin Mg_2SiO_4	8·82	10·36	5·74
olivin Fe_2SiO_4	3·06	5·51	0·20
magnetit	4·18	2·55	5·34
ilmenit	4·71	3·80	4·41
apatit	2·02	1·68	1·68
kalcit	—	0·20	—
egyéb	1·94	2·50	2·40
összeg	100·62 %	99·94 %	100·40 %

A balatoni bazaltos kőzetekből már korábbi időből rendelkezésünkre áll hat elemzés. Abból a célból, hogy e kőzeteknek a Szentgyörgy-hegy kőzetével való rokonságát kimutassuk, e hat elemzést közelebbről meg kell vizsgálnunk.

Ez elemzések:

4. «Bazalt». Lelőhely: Tátika csúcsa. Elemezte Tomasowszky Lajos.

5. Bazanitoid. Lelőhely: Tótihegy. Elemezte Emszt Kálmán.

6. Bazanitoid. Lelőhely: Tátika alja. Elemezte Tomasowszky Lajos.

7. Limburgitoid. Lelőhely: Mencshely. Elemezte Emszt Kálmán.

8. Limburgitoid. Lelőhely: Rekettyés. Elemezte Emszt Kálmán.

9. Limburgit. Lelőhely: Tihany, Diós. Elemezte Tomasowszky Lajos.

4. Lelőhely: Tátika csúcsa. Elemezte Tomasowszky Lajos:

SiO_2	48·99 %
Al_2O_3	16·33
Fe_2O_3	4·27
FeO	6·19
MgO	3·96
CaO	8·90
Na_2O	5·21
K_2O	1·40
Izz. veszt.	3·08
TiO_2	0·98
összeg	99·31 %

A NIGGLI-féle értékek az essexites magmára utalnak:

essexites magma	si	al	fm	c	alk	k	mg	metszet
típusa	130	30	30	20	20	0·25	0·30	4/5
Tátika csúcsa	124	24·5	36·5	24	15	0·15	0·42	4/5

Tátika csúcsa .... $ti = 1{\cdot}83$, $qz = -36$, $c/fm = 0{\cdot}67$

Az OSANN-féle kőzetparaméterek a Ragou-típuséhoz állanak legközelebb:

	s	a	c	f	n	k	sor
Ragou-típus	55·30	5·5	4·0	20·5	6·2	0·80	β
Tátika-csúcs	55·81	6·0	3·7	20·3	8·5	0·79	α

5. Lelőhely: Tótihegy. Elemezte EMSZT KÁLMÁN.

SiO_2	46·78 %
Al_2O_3	14·66
Fe_2O_3	7·25
FeO	5·22
MgO	6·81
CaO	9·61
Na_2O	3·08
K_2O	0·45
H_2O	1·78
TiO_2	1·78
PO_4	0·45
	97·87 %

A NIGGLI-féle értékek az essexitgabbroidmagmára utalnak:

	si	al	fm	c	alk	k	mg	metszet
essexitgabbroid-magma-típus	105	23	43	24	10	0·25	0·45	4
Tótihegy	109	21·5	47	24	7·5	0·09	0·51	4

Tótihegy ..... $ti = 3{\cdot}11$, $p = 0{\cdot}34$, $qz = -21$, $c/fm = 0{\cdot}51$.

Az OSANN-féle kőzetparaméterek a Londorf- és Kinnekulle-típushoz állanak legközelebb:

	s	a	c	f	n	k	sor
Londorf-típus	52·5	3·5	4·0	22·5	7·5	0·81	*a*
Kinnekulle-típus	53·5	3·5	5·5	21·0	8·0	0·86	*a*
Tótihegy	53·28	2·9	4·8	22·3	9·1	0·87	*a*

6. Lelőhely: Tátika alja. Elemző: TOMASOWSZKY LAJOS.

SiO_2	46·34 %
Al_2O_3	18·37
Fe_2O_3	2·81
FeO	7·24
MgO	4·22
CaO	8·63
Na_2O	5·94
K_2O	3·13
Izz. veszt.	2·32
TiO_2	0·78
összeg	99·78 %

A NIGGLI-féle értékek a teralitos, ill. essexites magmára utalnak:

	si	al	fm	c	alk	k	mg	metszet
teralitos magma-típus	100	19	42	23	16	0·25	0·48	4
essexites magma-típus	130	30	30	20	20	0·25	0·30	4/5
Tátika alja	110	25·5	34	22	18·5	0·26	0·44	4

Tátika alja ..... $ti = 1{\cdot}38$, $qz = -64$, $c/fm = 0{\cdot}64$.

Az OSANN-féle kőzetparaméterek a Vezuv-típuséhoz állanak közel:

	s	a	c	f	n	k	sor
Vezuv-típus	51·5	5	4	21	6·7	0·70	β
Tátika alja	52·60	7·4	2·9	19·7	7·4	0·64	β

7. Lelőhely: Mencshely. Elemezte EMSZT KÁLMÁN.

SiO_2	46·18 %
Al_2O_3	14·26
Fe_2O_3	6·93
FeO	5·72
MgO	7·23
CaO	8·24
Na_2O	4·75
K_2O	1·32
H_2O	2·14
TiO_2	2·27
PO_4	0·51
	99·55 %

A NIGGLI-féle értékek szerint a kőzet az essexitgabbroid-, ill. teralitgabbroid-magmatípushoz áll legközelebb; az utóbbival szemben a kőzet kissé savanyúbb:

	si	al	fm	c	alk	k	mg	metszet
teralitgabbroid-magma-típus	90	20	46	23	11	0·25	0·50	4
essexitgabbroid-magma-típus	105	23	43	24	10	0·25	0·45	4
Mencshely	106	19·5	47·5	20·5	12·5	0·15	0·52	3

Mencshely ..... $ti = 3{\cdot}92$, $p = 0{\cdot}37$, $z = -44$, $c/fm = 0{\cdot}42$.

Az OSANN-féle kőzetparaméterek egyik típussal sem egyeznek meg pontosan; legközelebb állanak a következő típusok:

	s	a	c	f	n	k	sor
Montsacopa-típus	52·5	4	2	24	6·8	0·78	β
Londorf-típus	52·2	3·5	4	22·5	7·5	0·81	α
Biliner Skale-típus ..	50·0	5·5	1·5	23	6·0	0·63	β
Mount Caffé-típus ...	51·5	5	4	21	6·7	0·70	β
Mencshely	52·43	4·7	2·5	22·8	8·5	0·75	α

8. Lelőhely: Rekettyés. Elemezte Emszt Kálmán.

SiO_2	46·14 %
Al_2O_3	14·74
Fe_2O_3	6·45
FeO	4·72
MgO	8·81
CaO	10·57
Na_2O	2·87
K_2O	0·61
H_2O	1·84
TiO_2	1·77
PO_4	0·71
	99·23 %

A Niggli-féle értékek ugyancsak a teralitgabbroid-, ill. essexitgabbroid-magmára utalnak:

	si	al	fm	c	alk	k	mg	metszet
teralitgabbroid-magma-típus	90	20	46	23	11	0·25	0·50	4
essexitgabbroid magma-típus	105	23	43	24	10	0·25	0·45	4
Rekettyés	102	19·5	48·5	25	7	0·12	0·60	4

Rekettyés ..... $ti = 2{\cdot}94$, $p = 0{\cdot}49$, $qz = -26$, $c/fm = 0{\cdot}52$.

Az Osann-féle kőzetparaméterek a Londorf- és Krustorp-típushoz állanak legközelebb:

	s	a	c	f	n	k	sor
Londorf-típus	52·5	3·5	4	22·5	7·5	0·81	α
Krustorp-típus	51	2·5	5·5	22	7·5	0·84	α
Rekettyés	51·25	2·6	4·5	22·9	8·8	0·82	α

9. Lelőhely: Tihany, Diós. Elemezte TOMASOWSZKY LAJOS.

SiO_2	44·71 %
Al_2O_3	21·05
Fe_2O_3	6·54
FeO	5·74
MgO	4·69
CaO	10·50
Na_2O	2·24
K_2O	1·19
Izz. veszt.	2·25
TiO_2	0·92
összeg	99·83 %

A NIGGLI-féle értékek az ossipitgabbroid-magma-típusra utalnak, azonban az essexitgabbroid-magmával való rokonság ugyancsak felismerhető:

	si	al	fm	c	alk	k	mg	metszet
ossipitgabbroid-magma-típus	110	28·5	34·5	28·5	8·5	0·12	0·60	5
essexitgabbroid-magma-típus	105	23	43	24	10	0·25	0·45	4
Tihany, Diós	103	28·5	39	26	6·5	0·26	0·42	4/5

Tidany, Diós ..... $ti = 1·59$, $qz = -23$, $c/fm = 0·67$.

Az OSANN-féle kőzetparaméterek egy új típusra utalnak, mely az OSANN-táblázatban a Sao Vincente-típus mellé sorozandó be:

	s	a	c	f	n	k	sor
Tihany, Diós	51·20	2·8	9·2	18·0	7·4	0·83	β

Összehasonlításul röviden tárgyalni akarjuk itten a nógrádmegyei bazaltos kőzeteket is, melyek Salgótarján környékén fordulnak elő. E kőzetekből hat elemzés áll rendelkezésünkre, melyek közül újabban négyet H. F. HARWOOD készített el. A kőzettani vizsgálatukat RBICHERT RÓBERT[1] eszközölte.

[1] REICHERT RÓBERT: Újabb adatok a salgótarjánkörnyéki bazaltos kőzetek petrokémiai ismeretéhez. Földtani Közlöny. **55**. 181. 1926.

10. Eresztvény kőzetét Rozslozsnik és Emszt nefelinbazanitnak határozták meg. Emszt elemzése alapján a kőzet a teralitgabbroid-magma-típusba tartozik.

Lelőhely: Eresztvény. Elemezte Emszt Kálmán.[1]

SiO_2	44·66%
Al_2O_3	16·04
Fe_2O_3	4·37
FeO	8·12
MgO	7·70
CaO	9·90
Na_2O	4·28
K_2O	1·75
H_2O	2·15
TiO_2	0·29
P_2O_5	0·10
MnO	0·15
összeg	99·51 %

A Niggli-féle értékek:

	si	al	fm	c	alk	k	mg	metszet
teralitgabbroid-magma-típus	90	20	46	23	11	0·25	0·50	4
Eresztvény	95	20	46·5	22·5	11	0·21	0·53	4

Eresztvény ..... $ti = 0·46$, $p = 0·09$, $qz = —49$, $c/fm = 0·49$.

Az Osann-féle paraméterek alapján e kőzet a bázikus tefritek és bazanitek csoportjába, a Mt. Caffé- és Limburg-típusok közé illeszthető be:

	s	a	c	f	n	k	sor
Mt. Caffé-típus	51·42	5	4	21	6·7	0·70	β
Eresztvény	48·83	4·2	3·3	22·5	7·9	0·66	α
Limburg-típus	47·74	3·5	3·5	23	7·5	0·65	β

[1] Földtani Közlöny. 41. 266. 1911.

A kőzet normái:

ortoklász		10·56 %
albit		7·34
anortit		19·18
nefelin		15·62
diopszid	$CaSiO_3$	12·18
	$MgSiO_3$	7·30
	$FeSiO_3$	4·22
olivin	Mg_2SiO_4	8·40
	Fe_2SiO_4	5·30
magnetit		6·26
ilmenit		0·61
apatit		0·34
egyéb		2·15
		99·46 %

11. Lelőhely: Kis-Salgó. Elemezte H. F. HARWOOD.

E kőzet elegyrészei: magnetit, apatit, olivin, titánaugit egirin-augit-maggal, bázikus labradorit, sodalit, üveg, analcim (?).

SiO_2	46·78 %
Al_2O_3	16·08
Fe_2O_3	3·20
FeO	6·87
MgO	6·46
CaO	9·49
Na_2O	4·34
K_2O	2·21
H^3O^+	0·87
H_2O^-	0·46
CO_2	nincs
TiO_2	2·16
ZrO_2	0·02
P_2O_3	0·54
Cl	0·10
S	0·04
Cr_2O_3	nyom

V_2O_3	0·04
NiO	nincs
MnO	0·21
SrO	nincs
BaO	0·06
Li_1O	nyom
összeg	99·93 %

A NIGGLI-féle értékek a teralitos, ill. teralitgabbroidos magmatípusra utalnak:

	si	al	fm	c	alk	k	mg	metszet
teralitos magmatípus	100	19	42	23	16	0·25	0·48	4
teralitgabbroid-magma-típus	90	20	46	23	11	0·25	0·50	4
Kis-Salgó	108	22	41·5	23·5	13	0·25	0·54	4

Kis-Salgó ..... $ti = 3{\cdot}75$, $p = 0{\cdot}53$, $qz = -44$, $c/fm = 0{\cdot}57$.

Az OSANN-féle kőzetparaméterek alapján e kőzet a savanyú tefrites és bazanites kőzetek csoportjába sorolható be:

	s	a	c	f	n	k	sor
Ragou-típus	55·30	5·5	4	20·5	6·2	0·80	β
Londorf-típus	52·72	3·5	4	22·5	7·5	0·81	α
Kis-Salgó	52·81	5	3·4	21·6	7·5	0·74	α

A kőzet normái:

ortoklász		13·34 %
albit		15·72
anortit		17·79
nefelin		11·36
diopszid	$CaSiO_3$	10·90
	$MgSiO_3$	7·10
	$FeSiO_3$	3·04
olivin	Mg_2SiO_4	6·30
	Fe_2SiO_4	2·86
magnetit		4·64
ilmenit		4·10
apatit		1·34
egyéb		1·59
összeg		100·08 %

12. és 13. Lelőhely: Kővár. E kőzetből két elemzés készült; egyiket H. F. Harwood, másikat Endrédy Endre készítette.

Az üveges kőzet elegyrészei: ilmenit, magnetit, apatit, olivin, bőséges titánaugit, bázikus plagioklász.

	Elemezte Harwood	Endrédy
SiO_2	46·28 %	46·39 %
Al_2O_3	15·17	15·50
Fe_2O_3	3·49	3·71
FeO	5·73	5·70
MgO	6·03	6·09
CaO	10·44	10·60
Na_2O	3·47	2·79
K_2O	2·20	2·44
H_2O^+	1·95	2·53
H_2O^-	1·17	0·74
CO_2	0·91	0·99
TiO_2	2·61	2·13
ZrO_2	nincs	—
P_2O_5	0·54	0·63
Cl	nyom	—
S	0·05	—
Cr_2O_3	0·13	—
V_2O_3	0·04	—
NiO	nincs	—
MnO	0·07	0·11
SrO	nincs	—
BaO	0·10	—
Li_2O	nincs	—
	100·26 %	100·35 %

A Niggli-féle értékek az essexitgabbroid-magmatípusnak felelnek meg:

	si	al	fm	c	alk	k	mg	metszet
essexitgabbroid-magma-típus	105	23	43	24	10	0·25	0·45	4
Kővár, elemezte Harwood.....	112	21·5	40	27	11·5	0·29	0·55	4/5
Kővár, elemezte Endrédy	112	22	40·5	27·5	10	0·37	0·54	5

Az Osann-féle kőzetparaméterek a Londorf- és Ragou-típusokhoz állanak legközelebb:

	s	a	c	f	n	k	sor
Kővár, elemezte Harwood.....	53·81	4·4	3·8	21·8	7·0	0·79	β
Kővár, elemezte Endrédy	53·63	4	4·5	21·5	6·3	0·82	β
Londorf-típus	52·5	3·5	4	22·5	7·5	0·81	α
Ragou-típus	55·5	5·5	4	20·5	6·2	0·80	β

A kőzet normái:

	Elemezte Harwood	Elemezte Endrédy
ortoklász.....	12·79 %	14·46 %
albit	22·01	21·48
anortit	19·46	22·52
nefelin	3·98	1·14
diopszid $CaSiO_3$	9·74	8·47
diopszid $MgSiO_3$	7·20	6·00
diopszid $FeSiO_3$	1·58	1·72
olivin Mg_2SiO_4	5·46	6·44
olivin Fe_2SiO_4	1·43	1·84
magnetit	5·10	5·33
ilmenit	5·02	4·10
apatit	1·34	1·34
kalcit.....	2·10	2·30
egyéb	3·22	3·27
	100·43 %	100·41 %

14. Lelőhely: Pécskő. Elemezte H. F. HARWOOD.

SiO_2	48·59 %
Al_2O_3	16·06
Fe_2O_3	3·23
FeO	4·99
MgO	7·24
CaO	9·69
Na_2O	4·03
K_2O	1·64
H_2O^+	1·73
H_2O^-	0·68
CO_2	0·29
TiO_3	1·60
ZrO_2	nincs
P_2O_5	0·51
Cl	0·05
S	0·03
Cr_2O_3	nyom
V_2O_3	0·03
NiO	nyom
MnO	0·18
SrO	nyom
BaO	0·06
Li_2O	nyom
összeg	100·63 %

A földpátban és olivinban igen gazdag kőzet a következő elegyrészekből áll: magnetit, olivin, augit, biotit, bázikus plagioklász, nefelinitoid üveg.

A NIGGLI-féle értékek teralitos magmára utalnak:

	si	al	fm	c	alk	k	mg	metszet
teralitos magma-típus	100	19	42	23	16	0·25	0·48	4
Pécskő	115	22·5	41·5	24·5	11·5	0·21	0·62	4

Pécskő ..... $ti = 2·83$, $p = 0·51$, $qz = -31$, $c/fm = 0·59$.

Az OSANN-féle kőzetparaméterek a Londorf- és Ragou-típusokhoz állanak legközelebb:

	s	a	c	f	n	k	sor
Ragou-típus	55·5	5·5	4	20·5	6·2	0·80	β
Londorf-típus	52·5	3·5	4	22·5	7·5	0·81	α
Pécskő	54·02	4·5	4·1	21·4	7·9	0·78	α

A kőzet normái:

ortoklász		9·45 %
albit		26·72
anortit		21·13
nefelin		3·98
diopszid	$CaSiO_3$	9·05
	$MgSiO_3$	6·60
	$FeSiO_3$	1·58
olivin	Mg_2SiO_4	7·98
	Fe_2SiO_4	2·04
magnetit		4·64
ilmenit		3·04
apatit		1·34
kalcit		0·70
egyéb		2·52
összeg		100·77 %

15. Lelőhely: Somlyó. Elemezte H. F. HARWOOD.

SiO_2	49·34 %
Al_2O_3	16·31
Fe_2O_3	2·63
FeO	5·23
MgO	6·42
CaO	9·17
Na_2O	3·95
K_2O	1·84
H_2O^+	2·12
H_2O^-	0·70

CO_2	nincs
TiO_2	1·79
ZrO_2	nincs
P_2O_5	0·50
Cl	nyom
S	0·03
Cr_2O_3	0·01
V_2O_3	0·03
NiO	nyom
MnO	0·14
SrO	nyom
BaO	0·05
Li_2O	nyom
összeg	100·26 %

E kőzet elegyrészei: magnetit, apatit, olivin, labradorit, diopszid-titánaugit, az amfibolnak rezorpciós maradványai, biotit.

A NIGGLI-féle értékek arra utalnak, hogy a kőzet átmeneti típust alkot az essexitgabbroidos és gabbrodioritos magmák között:

	si	ai	fm	c	alk	k	mg	metszet
gabbrodioritos magma-típus	135	24·5	42·5	23	10	0·28	0·50	4
essexitgabbroid magma-típus	105	23	43	24	10	0·25	0·45	4
Somlyó	122	23·5	39·5	24·5	12·5	0·24	0·60	4

Somlyó ..... $ti = 3{\cdot}32$, $p = 0{\cdot}52$, $qz = -28$, $c/fm = 0{\cdot}61$

Az OSANN-féle kőzetparaméterek ugyancsak azt bizonyítják, hogy a kőzet az alkalimész-provincia (Oroville-típus, plagioklászbazalt) és az alkali-provincia (Serrado-típus; trachidolerit) kőzetei közötti átmeneti tagot képvisel; azonban az utóbbiak a Somlyó kőzetével több rokonságot árulnak el:

	s	a	c	f	n	k	sor
Oroville-típus	57·5	4	4	22	7·7	0·95	α
Serrado-típus	55·5	5·5	5·5	19	7·1	0·82	β
Somlyó	55·57	4·8	4·5	20·7	7·6	0·84	α

A kőzet normái:

ortoklász		11·12 %
albit		27·25
anortit		21·03
nefelin		3·41
diopszid	$CaSiO_3$	8·82
	$MgSiO_3$	6·30
	$FeSiO_3$	1·72
olivin	Mg_2SiO_4	6·86
	Fe_2SiO_4	2·45
magnetit		3·71
ilmenit		3·34
apatit		1·34
egyéb		2·89
összeg		100·24 %

A balatoni kőzeteknek a nógrádi bazaltos kőzetekkel való vérrokonsága ezeknek az elemzéseknek az alapján nyilvánvaló. A balatoni bazaltos kőzetek mikroszkópi metszeteiben nem lehet a nefelint felismerni, azonban a kémiai elemzések azt bizonyítják, hogy e kőzetek ugyancsak átmeneti típusokat képviselnek a pacifikus és atlanti kőzetek között.

Irodalom.

VITÁLIS ISTVÁN: A balatonvidéki bazaltok. A Balaton tudományos tanulmányozásának eredményei. Geológiai függelék. 1911.

SOMMERFELDT, ERNST: A déli Bakony bazaltos kőzetein eszközölt petrográfiai-kémiai vizsgálatok. A Balaton tudományos tanulmányozásának eredményei. Geológiai függelék. 1911.

(A. M. Tud. Akadémia III. osztályának 1928. dec. 10-én tartott üléséből.)

Niggli-féle értékek.

Lelőhely	Elemezte	*si*	*qz*	*ti*	*p*	*al*	*fm*	*c*	*alk*	*k*	*mg*	*c/fm*	Metszet
1. Szentgyörgy-hegy, alsó takaró	HARWOOD	116	—28	4·37	0·83	22	44	23	11	0·14	0·58	0·52	4
2. Szentgyörgy-hegy, felső takaró	HARWOOD	114	—30	3·56	0·70	22	45	22	11	0·30	0·61	0·48	4
3. Szentgyörgy-hegy, telér	HARWOOD	119	—23	4·28	0·71	25·5	41·5	22·5	10·5	0·14	0·63	0·55	4
4. Tátikacsúcs	TOMASOWSZKY	124	—36	1·83	—	24·5	36·5	24	15	0·15	0·42	0·67	4/5
5. Tótihegy	EMSZT	109	—21	3·11	0·34	21·5	47	24	7·5	0·09	0·51	0·51	4
6. Tátikaalja	TOMASOWSZKY	110	—64	1·38	—	25·5	34	22	18·5	0·26	0·44	0·64	4
7. Mencshely	EMSZT	106	—44	3·92	0·37	19·5	47·5	20·5	12·5	0·15	0·52	0·42	3
8. Rekettyés	EMSZT	102	—26	2·94	0·49	19·5	48·5	25	7	0·12	0·60	0·52	4
9. Tihany, Diós	TOMASOWSZKY	103	—23	1·59	—	28·5	39	26	6·5	0·26	0·42	0·67	4/5
10. Eresztvény	EMSZT	95	—49	0·46	0·09	20	46·5	22·5	11	0·21	0·53	0·49	4
11. Kis-Salgó	HARWOOD	108	—44	3·75	0·53	22	41·5	23·5	13	0·25	0·54	0·57	4
12. Kővár *a)*	HARWOOD	112	—34	4·72	0·55	21·5	40	27	11·5	0·29	0·55	0·68	4/5
13. Kővár *b)*	ENDRÉDY	112	—28	3·85	0·64	22	40·5	27·5	10	0·37	0·54	0·68	5
14. Pécskő	HARWOOD	115	—31	2·83	0·51	22·5	41·5	24·5	11·5	0·21	0·62	0·59	4
15. Somlyó	HARWOOD	122	—28	3·32	0·52	23·5	39·5	24·5	12·5	0·24	0·60	0·61	4

Osann-féle közet paraméterek.

Lelőhely	Elemezte	*s*	*a*	*c*	*f*	*n*	Sor	*k*
1. Szentgyörgy-hegy, alsó takaró	Harwood	54 72	4·3	4·3	21·4	8·7	*α*	0 84
2. Szentgyörgy-hegy, felső takaro	Harwood	53·97	4·2	4·3	21·5	7·0	*β*	0·81
3. Szentgyörgy-hegy, telér	Harwood	55·31	4·3	6·0	19·7	8·6	*α*	0 87
4. Tátikacsúcs	Tomasowszky	55·81	6·0	3·7	20·3	8·5	*α*	0·79
5. Tótihegy	Emszt	53·28	2·9	4·8	22·3	9·1	*α*	0·87
6. Tátikaalja	Tomasowszky	52·60	7·4	2·9	19·7	7·4	*β*	0·64
7. Mencshely	Emszt	52·43	4·7	2·5	22·8	8·5	*α*	0·75
8. Rekettyés	Emszt	51·25	2·6	4·5	22·9	8·8	*α*	0·82
9. Tihany, Diós	Tomasowszky	51·20	2·8	9·2	18·0	7·4	*β*	0·83
10. Eresztvény	Emszt	48·83	4·2	3·3	22·5	7·9	*α*	0·66
11. Kis-Salgó	Harwood	52·81	5·0	3·4	21·6	7·5	*α*	0·74
12. Kővár *a)*	Harwood	53·81	4·4	3·8	21·8	7·0	*β*	0·79
13. Kővár *b)*	Endrédy	53·63	4·0	4·5	21·5	6·3	*β*	0·82
14. Pécskő	Harwood	54 02	4·5	4·1	21·4	7·9	*α*	0·78
15. Somlyó	Harwood	55·57	4·8	4·5	20·7	7·6	*α*	0·84

Magyar bazaltok

	1.	2.	3.	4.	5.
SiO_2	48·73	47·79	48·80	48·99	46·78
Al_2O_3	15·78	15·78	17·80	16·33	14·66
Fe_2O_3	2·89	1·74	3·72	4·27	7·25
FeO	6·47	7·24	3·99	6·19	5·22
MgO	7·09	7·67	7·07	3·96	6·81
CaO	8·93	8·50	8·55	8·90	9·61
Na_2O	4·08	3·35	3·85	5·21	3·08
K_2O	1·04	2·15	0·98	1·40	0·45
H_2O^+	1·33	1·49	1·21	3·08[1]	1·78
H_2O^-	0·45	0·82	1·07	—	—
CO_2	nincs	0·66	nincs	—	—
TiO_2	2·44	1·99	2·33	0·98	1·78
ZrO_2	nyomok	nincs	nyomok	—	—
P_2O_5	0·83	0·69	0·68	—	0·45[2]
Cl	nincs	0·04	nincs	—	—
S	0·01	0·01	nyomok	—	—
MnO	0·16	0·16	0·13	—	—
SrO	—	0·03	0·03	—	—
BaO	0·08	0·06	0·06	—	—
Li_2O	nyomok	nyomok	nyomok	—	—
V_2O_3	0·05	0·04	0·03	—	—
Cr_2O_3	0·017	0·014	nincs	—	—
NiO	nincs	nincs	nincs	—	—
	100·37	100·22	100·30	99·31	97·87

	Lelőhely	Elemezte
1.	Szentgyörgy-hegy, alsó takaró	Harwood
2.	Szentgyörgy-hegy, felső takaró	Harwood
3.	Szentgyörgy-hegy, telér	Harwood
4.	Tátikacsúcs	Tomasowszky
5.	Tótihegy	Emszt
6.	Tátikaaljа	Tomasowszky
7.	Mencshely	Emszt
8.	Rekettyés	Emszt

[1] Izz. veszt. [2] PO_4

kémiai összetétele.

6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.
46·34	46·18	46·14	44·71	44·66	46·78	46·28	46·39	48·59	49·34
18·37	14·26	14·74	21·05	16·04	16·08	15·17	15·50	16·06	16·31
2·81	6·93	6·45	6·54	4·37	3·20	3·49	3·71	3·23	2·63
7·24	5·72	4·72	5·74	8·12	6·87	5·73	5·70	4·99	5·23
4·22	7·23	8·81	4·69	7·70	6·46	6·03	6·09	7·24	6·42
8·63	8·24	10·57	10·50	9·90	9·49	10·44	10·60	9·69	9·17
5·94	4·75	2·87	2·24	4·28	4·34	3·47	2·79	4·03	3·95
3·13	1·32	0·61	1·19	1·75	2·21	2·20	2·44	1·64	1·84
2·32[1]	2·14	1·84	2·25[1]	2·15	0·87	1·95	2·53	1·73	2·12
—	—	—	—	—	0·46	1·17	0·74	0·68	0·70
—	—	—	—	—	nincs	0·91	0·99	0·29	nincs
0·78	2·27	1·77	0·92	0·29	2·16	2·61	2·13	1·60	1·79
—	—	—	—	—	0·02	nincs	—	nincs	nincs
—	0·51[2]	0·71[2]	—	0·10	0·54	0·54	0·63	0·51	0·50
—	—	—	—	—	0·10	nyomok	—	0·05	nyomok
—	—	—	—	—	0·04	0·05	—	0·03	0·03
—	—	—	—	0·15	0·21	0·07	0·11	0·18	0·14
—	—	—	—	—	nincs	nincs	—	nyomok	nyomok
—	—	—	—	—	0·06	0·10	—	0·06	0·05
—	—	—	—	—	nincs	nincs	—	nyomok	nyomok
—	—	—	—	—	0·04	0·04	—	0·03	0·03
—	—	—	—	—	nyomok	0·013	—	nyomok	0·01
—	—	—	—	—	nincs	nincs	—	nyomok	nyomok
99·78	99·55	99·23	99·83	99·51	99·93	100·26	100·35	100·63	100·26

Lelőhely	Elemezte
9. Tihany, Diós	Tomasowszky
10. Eresztvény	Emszt
11. Kis-Salgó	Harwood
12. Kővár *a)*	Harwood
13. Kővár *b)*	Endrédy
14. Pécskő	Harwood
15. Somlyó	Harwood

Magyar bazaltok

	1.	2.	3.	4.	5.
Ortoklász $KAlSi_3O_8$	6·12	12·79	5·56	8·34	2·78
Albit $NaAlSi_3O_8$	33·01	23·58	32·49	28·30	26·20
Anortit $CaAlSi_2O_8$	21·68	21·68	28·63	16·96	24·74
Nefelin $NaAlSiO_4$	0·85	2·56	—	8·52	—
Diopsid $CaSiO_3$	7·42	6·61	4·06	11·37	8·93
Diopsid $MgSiO_3$	5·10	4·40	3·40	6·70	7·50
Diopsid $FeSiO_3$	1·71	1·72	0·13	4·09	0·26
Hipersztén $MgSiO_3$	—	—	6·10	—	9·50
Hipersztén $FeSiO_3$	—	—	0·26	—	0·52
Olivin Mg_2SiO_4	8·82	10·36	5·74	2·24	—
Olivin Fe_2SiO_4	3·06	5·51	0·20	1·63	—
Apatit $Ca_5P_3O_{12}Cl$	2·02	1·68	1·68	—	0·70
Ilmenit $FeTiO_3$	4·71	3·80	4·41	1·82	3·34
Magnetit Fe_3O_4	4·18	2·55	5·34	6·26	10·44
Kalcit $CaCO_3$	—	0·20	—	—	—
Kvarc SiO_2	—	—	—	—	1·44
Egyéb	1·94	2·50	2·40	3·08	1·78
	100·62	99·94	100.40	99·31	97·83

Lelőhely	Elemezte
1. Szentgyörgy-hegy, alsó takaró	Harwood
2. Szentgyörgy-hegy, felső takaró	Harwood
3. Szentgyörgy-hegy, telér	Harwood
4. Tátikacsúcs	Tomasowszky
5. Tótihegy	Emszt
6. Tátikaalja	Tomasowszky
7. Mencshely	Emszt
8. Rekettyés	Emszt

normái.

6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.
18·35	7 78	3·89	7·23	10·56	13·34	12·79	14·46	9·45	11·12
4·72	26·72	24·10	18·86	7·34	15·72	22·01	21·48	26·72	27·25
14·18	13·62	25·58	43·65	19·18	17·79	19·46	22·52	21·13	21·03
24·71	7·38	—	—	15·62	11·36	3·98	1·14	3·98	3·41
11·95	10·32	9·86	3·60	12·18	10·90	9 74	8·47	9·05	8·82
6·00	8·50	8·30	2·50	7·30	7·10	7·20	6·00	6·60	6·30
5·68	0·53	0·26	0·79	4·22	3·04	1·58	1·72	1·58	1·72
—	—	5·50	3·00	—	—	—	—	—	—
—	—	—	0·92	—	—	—	—	—	—
3·22	6·72	5·74	4·34	8·40	6·30	5·46	6·44	7·98	6·86
3·06	0·41	0·20	1·43	5·30	2·86	1·43	1·84	2·04	2·45
—	1·01	1·34	1·82	0·34	1·34	1·34	1·34	1·34	1·34
1·52	4·26	3·34	—	0·61	4·10	5·02	4·10	3·04	3·34
4·18	9·98	9·28	9·51	6·26	4·64	5·10	5·33	4·64	3·71
—	—	—	—	—	—	2·10	2·30	0·70	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2·32	2·14	1·84	2·25	2·15	1·59	3·22	3·27	2·52	2·89
99·89	99·37	99·23	99·90	99·46	100·08	100·43	100·41	100·77	100·24

	Lelőhely	Elemezte
9.	Tihany, Diós	Tomasowszky
10.	Eresztvény	Emszt
11.	Kis-Salgó	Harwood
12.	Kővár *a)*	Harwood
13.	Kővár *b)*	Endrédy
14.	Pécskő	Harwood
15.	Somlyó	Harwood

DER BASALT DES SZENTGYÖRGY-BERGES IN DER BALATONGEGEND.

(Plattenseegebiet, Ungarn).

Von B. MAURITZ und H. F. HARWOOD.

Die Abhandlung erschien in deutscher Sprache in der Zeitschrift «Mathematische und Naturwissenschaftliche Berichte aus Ungarn» Bd. XXXVII. Budapest. Herausgegeben von der Ungarischen Akademie der Wissenschaften.

(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften vom 10. Dez. 1928.)

A HALÁPI ÉS GULÁCSI BAZALT HÓLYAGÜREGEIBEN KELETKEZETT ÁSVÁNYOK.

MAURITZ BÉLÁ-tól.

A balatonfelvidéki bazaltok zeolitásványaival eddig két alkalommal foglalkoztam.[1] Egykori és jelenlegi tanítványaim gyakrabban keresik fel ez ásványlelőhelyeket; az alább ismertetett újabb lelőhelyeket részben ők fedezték fel és a megvizsgált anyagot nagyrészt ők is gyüjtötték. Különösen ERDÉLYI JÁNOS műegyetemi tanársegéd érdeme, hogy a halápi és gulácsi bazaltbányákból bőséges anyagot gyüjtött és olyan lelőhelyeket fedezett fel, amelyekről eddig zeoliteket nem ismertünk. Kutató útjaim alkalmával többször felkerestem e két bazalthegy bányáit, de az akkori feltárási viszonyok között zeoliteket alig találtam. A halápi hegy bazaltjából REICHERT RÓBERT magántanár társaságában igen jellemző üregképződményeket gyüjtöttem, amelyeket az alábbiakban ugyancsak ismertetni fogok.

Haláp.

Egy a halápi hegyen gyüjtött bazaltdarab kis mandulakőüregében 2—3 mm vastag fehér kéreg alakjában két zeolitet találtunk. Közvetlenül a mandulaüreg falára **dezmin** telepedett (közepes fénytörési együtthatója 1·505, a rostok kioltása kevéssé ferde, a rostok hosszirányа **a**, de hevítés után **c** lesz), mely legyezőszerűen elhelyezkedett finom rostok halmazából áll; a dezmin natrolitba megy át (közepes fénytörési együtthatója 1·485, a rostok

[1] Mat. Természettudományi Értesítő **46.** köt. 657. ér **50.** köt. 635.

kioltása egyenes, a hosszanti irány c), mely ugyancsak legyezőszerűen csoportosult rostok halmazából áll, azonban a pamacsok rostjai egyes szabad, jobban kifejlődött pirinyó prizmákban végződnek.

ERDÉLYI JÁNOS gyüjtése igen édekes eredményre vezetett. Egy halápi bazaltdarab ökölnyi tömött zárványt tartalmaz, mely a bazaltnál világosabb színű. E zárvány hófehér erektől van átjárva; az erek 1—5 mm szélesek. A zárvány a közelebbi vizsgálatnál márgának bizonyult; mikroszkópi metszetében a következőket lehetett megállapítani: a víztiszta alzatban élesen fejlett 4—6 μ átmérőjű, zölden átlátszó **spinellek** nagy tömege van jelen; a spinellek oktaéderek; maga a víztiszta alzat gyengén fénytörő anyagból áll és túlnyomórészt izotrop, csak helyenként látni gyengén kettőstörő lemezeket és lebenyeket, amelyeknek közelebbi meghatározása azonban nem volt lehetséges. A fehér erektől lehetőleg megtisztított zárvány kémiai összetétele ENDRÉDY ENDRE elemzése alapján a következő:

SiO_2	28·16%
TiO_2	0·22 «
Al_2O_3	15·99 «
Fe_2O_3	4·31 «
FeO	1·98 «
MnO	0·16 «
MgO	13·92 «
CaO	18·49 «
K_2O	0·22 «
Na_2O	0·50 «
H_2O^-	2·96 «
H_2O^+	10·85 «
CO_2	2·31 «
Sa	100·07%

Ezek alapján nyilvánvaló, hogy a zárvány valamilyen márgás anyaggal azonos, mely a bazaltlávába való bezáráskor erős kontaktmetamorfózist szenvedett.

A zárványt átjáró fehér erek **thaumazit**ból állanak. Az erek vagy teljesen ki vannak töltve a thaumazit anyagával, vagy pedig

az 5 mm széles repedések falát borítja csupán a thaumazit, míg a hasadék belseje üres. A thaumazit tűi legfeljebb 2—3 mm hosszúak, fehérek, ill. a mikroszkóp alatt teljesen víztisztán átlátszóak; a hatszöges oszlop jól felismerhető és a hasadás a bázis szerint kivehető; az optikai állandók: $\omega = 1{\cdot}507$, $\varepsilon = 1{\cdot}468$ a beágyazási módszerrel megállapítva; a tűk sósavban pezsgés mellett könnyen feloldódnak, az oldat *Ca*- és SO_4-reakciót ad, a beszáradáskor gipszkristályok és kovasav marad vissza. A thaumazit már eddig is ismeretes volt a sümegi bazaltból.

Közvetlenül a zárvány közelében, de már magában a bazaltban egy kb. 3 cm átmérőjű üreg van, melynek falai apró, rosszul fejlett kalcitkristályokkal vannak borítva; a kalcitok között erősen villogó fényű, legfeljebb 300 μ átmérőjű víztiszta kristálykák láthatók, amelyeken szabad szemmel nézve csupán háromszögletű lapocskák ismerhetők fel. Az optikai adatok alapján e kristálykák **gismondin**nak bizonyultak; a kristályforma a gismondinra jellemző pszeudotetragonális ikreket árulja el, a közepes fénytörési együttható a beágyazási módszerrel meghatározva 1·540, a kettős törés kb. 0·012. A gismondin jóval nagyobb, kissé rózsás halmazok alakjában már ismeretes a diszeli bazaltból.

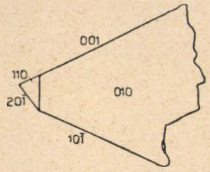
Egy másik kisebb üregben, melynek átmérőjé 2 cm, bőven láthatjuk a lentebb leírt barna augit-tűket, melyek vékony kéreggel vannak borítva; e kéregről lentebb még bővebben meg fogunk emlékezni. Ez augit-tűkre telepedtek az apró, 200—400 μ hosszú **phillipsit**csoportok, melyek a balatoni bazaltok egyéb lelőhelyeiről leírt phillipsitekkel azonos természetűek, ill. felépítésükben csekély eltérést árulnak el: az ikrek köpenyes szerkezetűek, a belső mag fénytörése kissé nagyobb, mint a külső köpenyegé, a kettős törése pedig valamivel erősebb. A phillipsitre sugaras-rostos szerkezetű, csaknem színtelen gömböcskék települtek; a rostok közepes fénytörési együtthatója kb. 1·540; a rostok hosszirányа c.

Egészen más természetű hólyagok és hasadékok azok, amelyek zeoliteket nem tartalmaznak. A halápi bazaltban elég gyakran és helyenként elég tekintélyes üregeket és hasadékokat találunk, amelyek a megmerevedő lávában keletkeztek és amelyeknek falai elsősorban azokkal az ásványokkal van borítva, amelyekből maga a bazalt is áll. Az üreg vagy hasadék közelében a bazalt mintegy

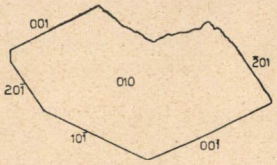
durvábbszemű lesz, az üreg fala jól fejlett kristályokkal van borítva, amelyeknek az üregbe nyúló vége automorf módon tudott kialakulni.

A legjellemzőbbek azok az üregek, amelyeknek falai jól fejlett andezin-labradorit-táblákkal, barna augitkristályokkal és pálcikákkal, finom apatit-tűkkel, magnetit-oktaéderekkel és ilmenittáblákkal vannak borítva.

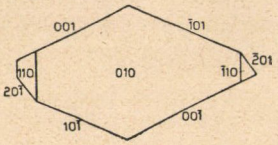
Az **andezin-labradorit**-táblák 1 mm átmérőjűek is lehetnek, de mindig nagyon vékonyak; rendesen kissé zavarosaknak látsza-



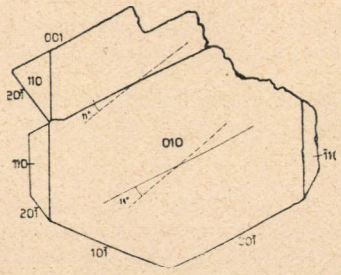
1. ábra.



2. ábra.



3. ábra.

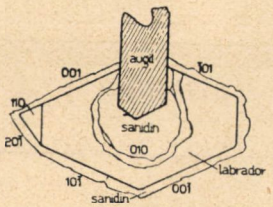


4. ábra.

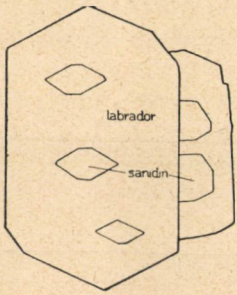
nak; de ez a zavarodottság az alább említendő bekérgezés következménye; a kérget gyakran könnyen sikerül lepattintani és akkor a plagioklász teljesen víztisztán átlátszó lesz. Hevítéskor a kéreg teljesen zavaros lesz, esetleg azonban a táblácskáról le is pattan. Ez andezin-labradorit-táblákon a következő formákat lehetett felismerni: uralkodó kristályforma a (010) oldallap, amely szerint a kristály táblás termetű; jól fejlett a (001) véglap, a ($\bar{2}$01) és ($\bar{1}$01) második fajta véglapok és néha a (110) harmadik fajta prizma. A táblák kioltása a keresztezett nicolok között kissé hullámos, mert a tábla közepén a kioltás szöge a (001) laphoz mérve —14°,

mely érték a tábla peremén —11°-ra csökken. Ennek alapján ez élesen kikristályosodott plagioklásztáblák átlagosan $Ab_{55}An_{45}$—$Ab_{50}An_{50}$ összetételűek. E táblácskák általában eléggé automorf módon fejlődtek ki, de vékonyságuk folytán igen könnyen töredeznek; elegendő egy tűvel való érintés, hogy az alzatról letöredezzenek. Az albit- és karlsbadi ikrek eléggé gyakoriak (1—4. ábra).

Egyes plagioklásztáblákon a **szanidin** is megjelenik. Utóbbi nem alkot önálló kristálylemezeket, hanem a plagioklásztáblákra telepedett reá igen apró, de többnyire eléggé élesen határolt pikke-



5. ábra.



6. ábra.

lyek alakjában vagy pedig a plagioklásztáblákon egymásra boruló rosszul határolt lepelszerű burkok alakjában jelenik meg; néha a plagioklásztábla legkülső keskeny köpenyét alkotja vagy pedig a plagioklásztáblán kis kiugró nyelvszerű képleteket alkot. A kioltás szöge és a fénytörés alapján szanidin természete föltétlenül biztosan megállapítható. Kétségtelen, hogy a szanidin a plagioklásznál fiatalabb képződmény, mert mindig a plagioklászra telepedett (5—6. ábra).

A plagioklásztáblácskákkal együtt szokott nagyobb tömegben megjelenni az **augit,** melynek optikai tulajdonságai a bazaltos augitra utalnak. Az augitkristályok általában kitűnően automorfok, de termetük különböző. Vannak augitok, melyek ideálisan valósítják meg a bazaltos augit szokásos termetét; uralkodó formák a (110) harmadik fajta prizma, az első véglap (100), a második véglap (010) és a ($\bar{1}$11) negyedik fajta prizma; a kristályok termete zömök-prizmás, a jellemző nyolcszögletű átmetszettel. Az ilyen termetű kristályok nem igen haladják meg az 1 mm nagy-

ságot. Jóval gyakoribbak azonban a tűalakú augitkristályok. Ezek 2 mm hosszúak is lehetnek, míg vastagságuk csak 30—40 μ, sőt néha 800 μ hosszúság mellett csak 6 μ vastagok. Az ilyen tűkön gyakran nem fejlődnek ki az összes fentemlített formák; így pl. gyakran hiányzik az első véglap (100). A nagyobb augitkristályok szabad szemmel nézve egészen sötétek és át nem látszóak; a vékonyabbak barna színben áttetszőek és kevéssé pleochroosak, sőt a legvékonyabbak csaknem színtelenek. A kioltás az oldallapon $c:c = $ kb. 39°; az egyik optikai tengely az első véglapra csaknem merőlegesen áll. Ikerkristályokat nem találtam. Az augitkristályok és különösen az augittűk gyakran ugyanolyan gélszerű anyaggal vannak bevonva, mint a földpáttáblák; a bevonat az augittűkön vastagabb lehet, mint maga a tű.

A földpáttal és augittal együtt jól fejlett kristályok alakjában az **ilmenit** és magnetit is meg szokott jelenni. Az ilmenit hatszögletű táblái 1·2 mm átmérőt is elérnek, de rendkívül vékonyak; a bázislapon gyakran különféle növekedési rajzolatok láthatók. A **magnetit** rendesen élesen fejlett oktaédereket alkot, melyek 200—400 μ átmérőjűek; az oktaéderek esetleg torzultak, amennyiben két egymással párhuzamos oktaéderlap igen nagyra fejlődött és ekkor a kristály pszeudotrigonális termetű, t. i. úgy látszik, mintha a trigonális bázis egy hegyesebb romboéderrel volna kombinálva. Egyes példányokon a magnetit apró részecskéi a nagyobb ilmenittáblákra telepedtek.

Az említett négy ásvány társaságában kivételesen a **biotit** is megjelenhet; éles hatszögletű táblái 100 μ átmérőjűek, de rendkívül vékonyak; többnyire a plagioklásztáblákra vannak reátelepedve.

Az említett ásványok együttesen salakos külsejű tömeget alkotnak a kőzet hasadékaiban és üregeiben; a kiválási sorrend alig állapítható meg; gyakran a plagioklásztáblára telepedik az augit, de az ellenkező paragenezis ugyancsak megfigyelhető. Az eddig felsorolt ásványokon kívül igen jellemző képződmény még az **apatit**. Tűi 2 mm hosszúak is lehetnek, de csak 30 μ vastagok. Helyenként olyan tömegesen jelennek meg, hogy pókhálószerű halmazokat alkotnak. Azonkívül az apatit igen finom, 100×2 μ méretű tűi zárványok gyanánt bőségesen jelen lehetnek a plagio-

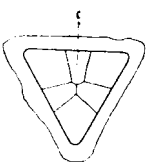
klásztáblácskákban. Az apatit pálcikáit, tűit és pókhálós halmazait gyakran vastagon borítja a már fentebb többször emlegetett gélnemű anyag.

Minden körülmények között a legutolsó képződmény a **kalcit,** amely azonban nem szokott jól fejlett kristályokat alkotni. Vannak üregek, amelyek teljesen mészpátkristályokkal vannak kibélelve, máskor az üregek falán csak egyes elszórt kalcitkristályokat találunk, melyeknek a méretei az 1 cm-t is meghaladhatják. A kristályformák közül általában csakis a $-\frac{1}{2}R(01\bar{1}2)$ romboéder ismerhető fel; gyakran a kristály belseje tisztább és ezt a tisztább magot fehéres, zavarosabb kéreg borítja. Többnyire a kalcit nem alkot egyes önálló kristályokat, hanem a hipoparallel egyének parkettás felületű, málnaszemalakú gömbös képletekké halmozódnak. Az egyik üregben 1 mm-nyi jobban fejlett kalcitkristályok vannak, amelyeken Kertai György a $-\frac{1}{2}R(01\bar{1}2)$, $-5R(05\bar{5}1)$ és $-8R(08\bar{8}1)$ romboéderek alkotta kombinációkat tudta mérés útján megállapítani.

A különféle üregekben nem mindig találhatók együtt a fentemlített ásványok. Mint már említve volt, vannak üregek, melyek kizárólag kalcittal vannak kibélelve; ezek a mészpátkristályok általában rosszul fejlődöttek, rendesen gömbölydedek. Más esetekben az üregek főként a gélnemű piszkoszöldes vagy inkább szürkés anyagból álló kéreggel vannak bélelve; e vékony kéregben vagy egyáltalában nem találunk ásványokat vagy csupán apatittűk vannak beléágyazva. A kéreg helyenként cseppkőszerű tömegek alakját veszi fel. Egyes üregekben e gélszerű kéregbe főként apró 200—400 μ átmérőjű magnetitoktaéderek vannak belehintve. Különösen gyakori az az eset, hogy az üregek falát borító gélnemű kéregbe számos apatittű, azonban csak kevés plagioklásztábla van behintve; úgy az apatitet, valamint a plagioklászt aránylag vastagon bekérgezi a gélszerű anyag, melyen egyes nagyobb kalcitkristályok ülnek.

Néhány üregben, rendesen közvetlenül a szürkés gélnemű anyagra tapadva, sárga oktaéderes termetű kristálykákat találunk elhintve; e kristálykák átmérője átlag 300 μ. Tűvel való érintéskor e kristálykák könnyen szétmorzsolódnak. A mikroszkóp alatt vizsgálva láthatjuk, hogy a kristály háromszögletű lapoktól van határolva; az oktaéderlapon fekvő kristály a keresztezett nicolok

között trigonális szimmetriát árul el és segmentumokból állónak bizonyul, miként azt a mellékelt rajz szemlélteti. A kettős törés gyenge, a fénytörés a benzolénál nagyobb, azonban az összes optikai jellegek nagyon bizonytalanok és elmosódottak. Savak különösebb oldó hatást nem gyakorolnak. A bizonytalan jellegek miatt az ásvány mibenlétét eddig nem sikerült tisztázni (7. ábra).



7. ábra.

Némileg eltérőek azok az üregek, amelyek kvarc-zárványok körül, ill. azok szomszédságában keletkeztek. A halápi bazalt gyakran tartalmaz kisebb-nagyobb kvarc-zárványokat, melyek az áttört pontusi homokkő darabjaiból származnak. Az ilyen zárványok körül vagy azoknak közvetlen szomszédságában gyakran keletkeznek üregecskék, amelyekben ugyancsak jellemző fennőtt ásványképződményeket találunk. A plagioklász ez üregekben nem igen szokott kifejlődni, annál gyakoribbak az augitok, amelyek azonban ez esetben nem barna, hanem különböző árnyalatokban zöldszínű augitok. Az augitok mellett különösen az apatit finom tűi vannak nagyobb tömegben képviselve. A zöld augit helyenként finom szemek alkotta kéreg alakjában borítja be az üregek falait. Nagyon ritkán szokott ez üregekben a barna augit, a plagioklász, az ilmenit és magnetit megjelenni. Mint utolsó képződmény azonban a kalcit egész általánosan el van terjedve. Az egyik kvarczárványt teljesen zöld augitból álló koszorú övezi; közvetlenül a zárvány mellett kis üreget találunk, melyben **phillipsit**kristálykák keletkeztek; e phillipsit a balatoni bazaltokban általánosan elterjedt phillipsitektől annyiban tér el, hogy fénytörése erősebb, $n <$ benzol. Az üreg falán és a phillipsiten is apró fehér gömböcskéket találunk, amelyek sugaras rostos szerkezetűek; a rostok hossziránya c, fénytörésük a benzolénál nagyobb; közelebbi meghatározásunk egyelőre nem sikerült.

Gulács.

Újabban a gulácsi hegy bazaltjának repedéseiből és hólyagaiból a zeolitek olyan tömegben kerültek elő, mint sehonnan máshonnan a balatoni bazaltokból. A lelőhelyek egyrészt az ú. n. csúcshegyi bányában, másrészt az ú. n. községi bányában vannak.

A csúcshegyi bánya bazaltjának hólyagaiban és üregeiben a következő ásványokat találjuk: kalcit, aragonit, opál, apatit, phillipsit, dezmin, natrolit, mezolit, skolecit és chabazit.

A legelterjedtebb a **phillipsit.** Vannak hólyagok, amelyeknek falát kizárólag phillipsit kérgezi. Ez az ásvány az egyéb balatoni bazaltok hólyagaiban is a legelterjedtebb zeolit; a gulács-csúcshegyi bazalt hólyagaiban azonban helyenként egész tömegesen fordul elő. A kristályok termete az ismeretes pszeudotetragonális jellegű: a látszólagos tetragonális protoprizma kombinálódik a látszólagos deuteropiramissal. Ez ikrek nagysága legfeljebb 3 mm; a kristályok általában igen élesen fejlődöttek, kitűnő üveges fényük van, víztiszták. Helyenként pompásan alakultak ki a tizenkettes ikrek: három pszeudotetragonális termetű iker egymásra kölcsönösen merőlegesen egymáson keresztül nő. A phillipsit azonban többnyire apróbb kristályokat alkot; így némely üreg kizárólag phillipsitkéreggel van kibélelve, melynek kristályai 800×200 μ méretűek. Gyakran a kristályok nem fejlődhettek szabadon ki, hanem rendkívül tömötten egymás mellé szorulva 1—2 mm vastag kérget alkotnak. Elég gyakoriak a félgömbös konkréciók is, melyek apró phillipsitkristálykákból állanak; a gömbök belsejében rendesen kalcit foglal helyet. Igen jellegzetesek a cseppköves phillipsitképződmények: 0·1—0·3 mm nagyságú phillipsitkristálykák több cm hosszú és 1—2 mm vastag cseppkőszerű képletekké tömörülnek; a pálcikás cseppkövek többesével egymással párhuzamosan összenőve orgonasípok módjára sorakoznak. Az egyes cseppkőpálcikák kizárólag phillipsitből állanak; csak néha fordul elő, hogy a cseppkőpálcika belsejében rozsdás anyag húzódik végig. Igen jellegzetesek azok az előfordulások, amelyekben a phillipsit mint ragasztóanyag szerepel: a bazalt élesszögletes darabkáit phillipsitből álló kérges tömegek ragasztják össze; e képlet valóságos bazaltbreccia, melynek ragasztóanyaga a phillipsit.

A **dezmin** elég gyakori zeolit, de soha sincsen jól kristályosodva. Kizárólag gömböket és pamacsokat alkot, melyeknek sugaras, rostos szerkezetük van; a rostok hossza 200—300 μ, míg vastagságuk csak néhány μ; teljesen fehérek; optikai tulajdonságaik: a fénytörési együttható közepes értéke 1·502—1·504, a rostok kioltása kissé ferde, a hosszirány a. Ritkák az olyan sugaras rostos

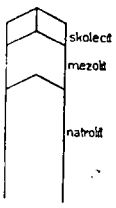
szerkezetű pamacsok, amelyek kizárólag dezminből állanak. Gyakoribb az az eset, hogy a pamacs részben dezminből, részben pedig natrolitból áll, ill. még gyakrabban a gömbös képződmények magját dezmin alkotja, melyet natrolitrostok alkotta burok vesz körül; e gömbök 1 mm nagyságot is elérnek.

A phillipsit mellett a legelterjedtebb zeolit a **natrolit.** A prizmák hossza ritkán haladja túl a 400 μ-t. Némely üreg teljesen natrolittal van bélelve; a rövid prizmák ilyenkor tömötten egymás mellé sorakozva sörteszálak módjára a felületre merőlegesen helyezkednek el; a natrolit-lepel felülete ezáltal bársonyos külsőt nyer. Gyakoriak azok az 1—2 mm átmérőjű natrolitgömbök, melyek kizárólag natrolitból állanak és még gyakoribbak a tisztán natrolitból álló kévék és pamacsok, melyeknek szerkezete sugaras rostos. E fehér pamacsok 1—2 mm nagyok és rendesen a phillipsitkéregre telepedtek. A pamacsok egy középpontból kiinduló sugárhalmazból épülnek fel; a pamacs középponti része gyakran dezminrostokból áll, melyre natrolitrostok alkotta zóna következik; e natrolitrostok azután individualizálódott natrolitprizmákban végződhetnek. Az individualizálódott natrolitprizmák méretei azonban ugyancsak igen csekélyek; hosszuk 300—400 μ, vastagságuk 60—80 μ, de teljesen automorfok, a prizmalapok és a lapos tetőt alkotó piramislapok élesen fejlődtek ki, az optikai állandók pontosan megállapíthatók: a kioltás egyenes, a hosszirány c, a kettős törés gyenge, a fénytörési együtthatók közepes értéke 1·485.

A fent leírt fehér, 1—2 mm nagyságú natrolitpamacsok elég sűrűn szoktak elhintve lenni a phillipsitből álló kérgen. Előfordulnak buzogányfejalakú képletek is, melyek natrolitgömbökből állanak; az 1—1·5 mm nagyságú gömbökből egyes élesen fejlett erősen csillogó phillipsitek nyúlnak ki, melyeknek méretei 320×130 μ-t tesznek ki. Gyakran több, 20—30 μ széles natrolitegyén hipoparallel tömörülve, 160 μ széles nagyobb natrolitegyénné tömörül.

Miként említve volt, számos natrolitpamacs belseje tömött sugaras, rostos szerkezetű, de a rostok terminális része individualizálódik és automorf natrolitprizmában végződik. Ez individualizált prizmák terminális részükön gyakran **mezolit**ba mennek át, melynek optikai állandói pontosan megállapíthatók voltak. A mezolit csaknem izotrop, a prizma hosszirányа b, kioltása csaknem egyenes,

amit azonban a rendkívül gyenge kettős törés miatt alig lehet megfigyelni; a fénytörési együtthatók közepes értéke 1·505. A natrolitra tehát teljesen párhuzamosan rakódott reá a mezolit, ill. a natrolitprizma mezolitban folytatódik; a mezolitrészlet hossza csak 60—80 μ-t tesz ki, de szabad szemmel mégis észrevehető, mert fénye kissé különbözik a natrolit fényétől. Némely natrolit-mezolit-prizma **skolecit**ben végződik. Utóbbinak közepes fénytörési együtthatója még nagyobb, t. i. 1·515, ikeralkotása jól megfigyelhető, a kioltás az ikersíkhoz képest $\mathfrak{a} : c = 13—15°$, a prizma hosszirányа $\mathfrak{a}$. Az ilyen natrolit-mezolit-skolecit-prizmák hossza 400 μ-t érhet el. A pamacsok felépítése ilyen esetekben tehát a következő: a pamacs középpontja tömötten, sugarasan elhelyezkedő natrolitrostokból áll, melyekhez esetleg dezminrostok is hozzájárulnak; a natrolitrostok azután individualizált natrolit prizmákban folytatódnak, melyek mezolitba mennek át, utóbbi pedig skolecitban végződik. Legelőször keletkezett tehát a natrolit, utána a mezolit és legutoljára pedig a skolecit; a legutolsó részlet mindig a legkeskenyebb. Míg a natrolit-mezolit-tűk igen gyakoriak, addig az olyan tűk, melyek mindhárom zeolitból állanak, már igen-igen ritkák (8. ábra).



8. ábra.

A **chabazit,** ill. **phakolit** a legritkább zeolit a gulács—csúcshegyi bazalt hólyagaiban. Mindössze néhány darabon volt megtalálható. Ez üregekben közvetlenül a bazalt falára opálszerű anyag települt és erre rakódott az itt kissé sárgás csöves tömegeket alkotó phillipsit. Utóbbit finom, könnyen morzsolódó anyag borítja, melyben a chabazit rendkívül éles, 160 μ átmérőjű villogó romboéderei találhatók kevés dezmin társaságában; a chabazit közepes fénytörési együtthatója 1·485; optikailag pozitív. A csöves tömegeket alkotó phillipsitre 2—4 mm átmérőjű kalcitkristályok települtek, melyek érdes és görbült felületű $-R(01\bar{1}2)$ romboéderek.

A zeolitek mellett a legelterjedtebb ásvány a **mészpát,** mely több generációban fordul elő. Ezeket kristálytani szempontból Kertai György vizsgálta meg. Számos üregben mint legidősebb képződmény az üreg falára legelőször egy elég tiszta és átlátszó, de gyantaszínű sárgásbarna kalcit rakódott le, melynek kristályai

meglehetős automorf módon fejlődtek ki. E gyantaszínű kalcit kristályai 2 cm nagyok is lehetnek, lapjai többé-kevésbbé fényesek, esetleg parkettázottak és gyakran görbültek. Termetük általában hegyes romboéderes; KERTAI GYÖRGY mérési adatai alapján a következő romboéderek állapíthatók meg: $-2R(02\bar{2}1)$, még gyakrabban $-\frac{5}{2}R(05\bar{5}2)$, melyek néha görbült lapok révén mintegy egymásba folynak; több kristályon azonban a $-3R(03\bar{3}1)$ romboéder az uralkodó forma. E hegyesebb romboéderek gyakran vannak kombinálva a $+R(10\bar{1}1)$ törzsromboéderrel, mely csak keskeny lapok alakjában jelenik meg. Egyetlen kristályon a $+\frac{7}{2}R(70\bar{7}2)$ romboéder is megjelent. Ugyancsak vékony sávok alakjában lép fel az $(11\bar{2}0)$ másodrendű prizma is. Elvétve találunk olyan gyantaszínű, de apróbb kristályokat is, melyeken uralkodó az $(11\bar{2}0)$ másodrendű hexagonális prizma, mely a $-\frac{5}{2}R(05\bar{5}2)$ romboéderrel kombinálódott. E gyantaszínű kalcitkristályok alsó részét phillipsitkristályok boríthatják, tehát a kalcit a phillipsit előtt keletkezett.

A gyantaszínű kalcit azonban két generációban is előfordulhat. Az egyik üreg falán 3 mm nagyságú gyantaszínű kalcitokat találunk, melyek a $-3R(03\bar{3}1)$ romboédertől vannak határolva; e forma lapjai fényesek, de görbültek, telve vannak szép természetes étetési idomokkal, melyek a főtengely irányában megnyúltak. Erre a kalcitra phillipsitkéreg telepedett, melyen világosbarnás, 0·5 mm nagyságú hegyes kalcitkristályokat látunk; utóbbiak a $-2R(02\bar{2}1)$, ill. $-3R(03\bar{3}1)$ romboéderek által vannak határolva, mely romboéderek lapjai görbültek, úgy hogy a két forma egymásba átfolyik. Egy másik brecciás darabot a phillipsit kérgezi; a phillipsiten natrolit-mezolitpamacsok foglalnak helyet, amelyekre 1 mm-nyi hegyes kalcitromboéderek települnek; e kristályok azonban nem voltak mérhetők.

Nagyobb tömegben jelenik meg az a kalcit, amely fehéres, ill. nem színezett. Ez a kalcit általában fiatalabb képződmény. Gyakran az üregek fala kizárólag ilyen kalcittal van borítva, mely nem szokott jól kristályosodni. Rendesen a formákat sem lehet jól felismerni, ill. mint fentebb említve volt, az egyetlen forma, amelyet mérés révén KERTAI GYÖRGY meg tudott állapítani, a $-R(01\bar{1}1)$ romboédernek bizonyul; azonban e forma lapjai is érdesek és görbültek. A kalcitegyének többnyire hipoparallel

egymás mellé növekedvén, félgömbös parkettás felületű képződmények jönnek létre, melyek a 2 cm átmérőt is elérik. Az egyik ilyen fehéres gömb azonban a következő szerkezetűnek bizonyult: belül hegyes romboéderes termetű kalcitmagot találunk, mely görbült felületű, mert a $-2R(02\bar{2}1)$ és $-3R(03\bar{3})$ romboéder lapjai egymásba átfolynak; a magot fehér kalcitburok borítja be, melynek felülete parkettázott; a fehér burokban sávokban elrendeződve phillipsitet találunk.

Az **aragonit** a gulács—csúcshegyi bazalt üregeiben nem gyakori ásvány. Néhány hólyag több cm hosszú és 1—2 mm vastag aragonit-tűkből álló sugaras halmazokkal van kitöltve. Ez aragonitkristályok oszloposak, ill. kihegyesedők és tűszerűek, az aragonitra jellemző terminális lapokkal. Egyes aragonit-tűkre gallér módjára rosszul fejlett $-R(01\bar{1}1)$ kalcitromboéderek települtek, ill. az aragonittűk mintegy átdöfik a kalcitot. Az aragonit azonban nem mindig előzte meg a kalcitot; az egyik hólyagban a következő paragenezist látjuk: a hólyag falát szépen fejlett phillipsitkristályok borítják amelyekre nagy, gömbölyded kalcitkristályok települtek; úgy a phillipsitet, valamint a kalcitot is apró fehér tömegek borítják, amelyek egy gélszerű anyagba települt aragonitkristálykákat tartalmaznak. Egy másik hólyag falára előbb egyes 2 cm nagyságú $-2R(02\bar{2}1)$, ill. $-\frac{5}{2}R(05\bar{5}2)$ indexű kalcitromboéderek települtek; e kristályokat, valamint a hólyag falát phillipsitkéreg borítja, amelyre finom aragonittűk rakódtak. Egyetlen hólyagban a phillipsitkérgen finom apatittűket találunk.

Végül meg kell említeni azokat a zöldessárga, legfeljebb 100 μ átmérőjű gömböket, amelyek néha nagyobb számmal a phillipsitre telepedtek. E gömböcskék sugaras rostos szerkezetűek; a rostok kioltása egyenes, kettős törésük közepes, a hosszirány c, a közepes fénytörési együttható 1·547. E gömbök mibenlétét nem sikerült pontosan megállapítani; valószínűleg a kloritok csoportjába sorozandók.

A gulácsi hegy községi bányájában a hólyagok zeolitekben nem bizonyultak olyan gazdagoknak. Eddig csupán a következő zeoliteket sikerült megállapítani: phillipsit, dezmin, natrolit, chabazit; e zeoliteken kívül még kalcitot és aragonitet is találunk a hólyagokban.

Az aragonit csupán 2—5 mm hosszú tűket alkot, melyek 20—200 μ vastagok; e tűk pókhálószerű fonadékká szövődhetnek össze. A kalcit mindig rosszul fejlett kristályokban jelenik meg, csak néha ismerhető fel a $-2R(02\bar{2}1)$ romboéder; gyakoribbak a szemölcsös felületű kalcitgömbök, melyek alig 1—2 mm nagyok. A hólyagok falára többnyire közvetlenül natrolit vagy phillipsit telepedett, melyek azonban a korábban keletkezett kalcitot is beboríthatják. A zeolitek közül előbb keletkezett a phillipsit, amelynek 60—300 μ átmérőjű kristályai sűrűn egymás mellé telepedve bekérgezik a hólyag falát; a kéreg vastagsága helyenként 1—1·5 mm. Néha a hólyag falát, ill. az arra telepedett mészpátot natrolit borítja, mely ilyenkor sugaras rostos szerkezetű, az egyes rostok azután individualizált natrolitprizmákban végződhetnek; e prizmák 800×80 μ nagyok lehetnek. A natrolit azonban inkább kis pamacsokat, ill. 1—2 mm-nyi sugaras rostos gömböket alkot, amelyek rendesen a phillipsitre települtek; a natrolitsugarak e pamacsokban 80—500 μ hosszúak. Egyetlen esetben a hólyag falára sugaras rostos dezmin telepedett, melyet azután natrolitkéreg borít.

Chabazitet, ill. phakolitet csak egyetlen kőzetpéldányon sikerült találni. E példány elég sűrűn tartalmaz 0·5—2 cm átmérőjű hólyagokat, melyek 1 mm vastag phillipsitkéreggel vannak bélelve. A phillipsiten 150—160 μ nagyságú igen élesen fejlett chabazitromboédereket, ill. phakolitikreket látunk, melyek optikailag pozitívek. Részben a phillipsiten, részben közvetlenül az üreg falán apró szürke gömbök alkotta kérgezés van; a 40—60 μ átmérőjű gömbök sugaras rostos szerkezetűek, gyakran egy belső sugaras magból és egy ugyancsak sugaras szerkezetű burokból állanak; a rostok hossziránya rendesen c, néha azonban a; a belső sugarak közepes fénytörési együtthatója 1·555, a külsőké 1·559-nél nagyobb. E gömbök valamilyen kloritos ásványból állanak. Az **opál**nak zöldesszürke viaszkülsejű lágy tömegei ugyancsak előfordulnak; közepes fénytörési együtthatójuk kb. 1·460; e tömegek áttetszőek, izotropok, ill. helyenként anizotropok.

Az értekezéshez a rajzokat Sztrókay Kálmán tanársegéd készítette.

(A M. T. Akadémia III. osztályának 1936. nov. 23-án tartott üléséből.)

DIE MINERALIEN DER BLASENRÄUME IM BASALT VOM HALÁP UND GULÁCS (PLATTENSEEGEBIET).

Von B. MAURITZ.

In den Blasenräumen des Basalt von Haláp und Gulács wurden einerseits die gut krystallisierten Gemengteile des Basalt, andererseits verschiedene Zeolitmineralien gefunden.

Im Basalt von Haláp kamen die folgenden Mineralien vor: Desmin, Thaumasit, Gismondin, Phillipsit, Andesin-Labrador, Sanidin, Augit, Titaneisen, Magneteisen, Biotit, Apatit, Kalkspat.

Im Basalt von Gulács findet man: Phillipsit, Desmin, Natrolit, Mesolit, Skolezit, Chabazit, Kalkspat, Aragonit und Opal.

(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften vom 23. November 1936.)

A CELLDÖMÖLKI SÁGHEGY BAZALTOS KŐZETE.

MAURITZ BÉLA r. tagtól és H. F. HARWOOD-tól.

A Sághegy földtani felépítésével és bazaltjával eddig különösen VITÁLIS ISTVÁN és JUGOVICS LAJOS foglalkoztak. Az alábbiakban újabb kutatásaink alapján röviden ismertetjük a bazalt kőzettani viszonyait és kémiai alkotását.

A Sághegyen művelés alatt lévő hatalmas kőbányák a hegy geológiai felépítésére nézve valami különösebb új eredményeket nem szolgáltattak. A mai feltárások mellett jól látható, hogy a pontusi homokkőre bazalttufa telepedett, amelyre reáfolyt a bazalt lávája. A bazalt általában igen tömött szövetű; szabad szemmel nézve főképpen az olivint lehet felismerni; néhol még egy-egy augitszemecske és egy-egy földpáttábla látható; utóbbiak azonban rendesen már csak mikroszkópikus nagyságúak. A felsőbb szintekben jelennek meg azok a kőzetrészletek, amelyek durvaszeműek és üregesek lesznek; ezekről lentebb részletesen lesz szó.

A mikroszkóp alatt a következőket lehet megfigyelni.

Az **olivin**szemek 2 mm átmérőjűek is lehetnek; főként mint beágyazások jelennek meg; ritkábban szerepelnek az alapanyag elegyrészei gyanánt. Általában igen friss állapotban vannak; a szerpentinesedés legfeljebb egyes fínom erekben jelentkezik. Többnyire automorfok, a bazaltos kőzetek olivin-beágyazásaira jellemző kombinációk a közönségesek; ennek folytán a hatszögletű átmetszetek különösen gyakoriak. A kisebb egyének xenomorf lekerekedett alakja azt bizonyítja, hogy az olivinszemek a magma kristályosodása alkalmával rezorpciót szenvedtek. Helyenként a nagyobb olivinbeágyazások szegélye rozsdás, ami a pörkölés eredménye lehet. Elvétve az iddingsitképződés is megfigyelhető. Rend-

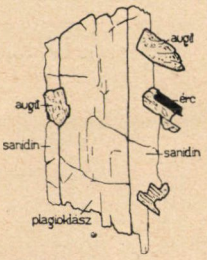
kívül frissek azok az olivinbeágyazások, amelyek közvetlenül a tufa felett a bánya alsó szintjének aprószemű kőzetében láthatók; ezeken a pörkölésnek nyoma sem figyelhető meg. Zárványok gyanánt gyakoriak az apró, 8—12 μ átmérőjű magnetit- és **pikotit**-oktaéderek, melyek rendesen élesen automorfok. Egyetlen esetben az olivinben zárvány gyanánt egy kicsiny földpátlécecske volt látható.

A kőzet bőven tartalmaz **földpátot.** A plagioklászok táblás termetűek; a táblák hossza 200—300 μ, szélességük 25—40 μ között szokott ingadozni; ezeken kívül azonban a kőzet bőven tartalmaz apróbb léceket is. A plagioklász fénytörése a balszaménál jóvalta erősebb, a lécek sűrűn ikerrovátkoltak; az albitikreken kívül vannak karlsbadi, manebachi és periklinikrek is, sőt előfordulnak még a komplexikrek is. Az univerzálasztalkával való meghatározások a földpátok kémiai összetételét illetőleg a következő eredményeket szolgáltatták:

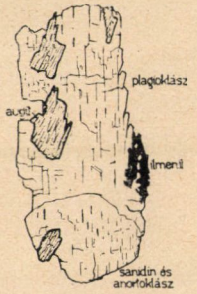
	α	β	γ	2V	An%
I. kristály. Albitiker:					
egyik egyén	+83°	+67°	—23°	+84°	45
másik egyén	+83	+68	—23	+74?	45
(001) hasadás	+75	+35	+60		
II. kristály (001) hasadás ..	+70	+38	+59	+80	48
III. kristály. (010) hasadás	+79	+66	—26	+74	50
IV. kristály. (001) hasadás	+74	+36	+59		46
V. kristály. (001) hasadás..	+75	+34	+60	+80	45
VI. kristály. Albitiker:					
egyik egyén	+86	+67	—23	+80	42
másik egyén	+87	+69	—22		40
perikliniker	+78	+33	+60		
VII. kristály. Albit-Ala komplex-iker:					
egyik egyén	+86	+69	—22		40
másik egyén	+87	+68	—23		41
VIII. kristály (001) hasadás. Manebach-Ala — (aklin) komplex:					
egyik egyén	+65	+42	+58	+76	53
másik egyén	+68	+40	+59	+84	50

A nagyobb plagioklászok kioltása gyakran mintegy hullámos; a kristály magja bázikusabb, a szegély savanyúbb. Ezek a nagyobb méretű földpátok parkettás szerkezetűek is lehetnek. Miként a fentiekből látható, a nagyobb plagioklászok összetétele $Ab_{60}An_{40}$ és $Ab_{47}An_{53}$ határok között ingadozik; a leggyakoribb értékek $Ab_{55}An_{45}$ körül foglalnak helyet.

Rendkívül jellemző a plagioklásztáblákra, hogy gyakran **szanidin**burokkal vannak körülvéve. (1. ábra.) A szanidin igen vékony legfeljebb 20 μ vastagságú réteg alakjában borítja be a plagioklászt, amit különösen jól akkor lehet látni, ha a metszet az oldallapra merőleges. A szanidint már a fénytörése is elárulja



1. ábra. Plagioklász szanidinburokkal.



2. ábra. Plagioklász, mely szanidinban és anortoklászban folytatódik.

mely a balzsamhoz képest valamivel kisebb, a plagioklászhoz képest pedig jóvalta kisebb. Tekintettel azonban arra a körülményre, hogy a földpátburkok optikai tengelyszöge az univerzálasztallal való méréskor néha 36—60°-nyi értékeket is eredményezett, míg megint más esetekben a szanidin csaknem egytengelyűnek bizonyult, egészen bizonyos, hogy a gyengébben fénytörő földpát csak részben szanidin, másrészt pedig **anortoklász**, amit máskülönben az is bizonyít, hogy e gyengén fénytörő földpátburok helyenként rendkívül finoman ikerrovátkos, sőt rácsos szerkezetű lesz; a szanidin és anortoklász észrevétlen átmennek egymásba: a lemez egyik része ikerrovátkos, ill. rácsos szerkezetű, másik része pedig egyáltalában nem ikerrovátkos. (2. ábra.) A szanidinrészletnek *Na*-ban gazdagnak kell lennie, mert fénytörése a beágyazási mód-

szerrel megállapítva valamivel nagyobbnak bizonyult, mint amekkora a közönséges szanidiné és a kioltás a (010) lapon átlag 10°, tehát ugyancsak valamivel nagyobb, mint a közönséges szanidiné. A kőzet alapanyaga, úgy látszik, bőven tartalmaz apró szanidinléceket, melyeknek fénytörése a balzsaménál kisebb; e lécek kioltása egyenes (a plagioklászoké igen ferde) és gyakran meg lehet figyelni, hogy a lécek optikailag negatívek és csaknem egytengelyűek, ill. a tengelyszög igen kicsi. A szanidinben különösen feltűnő a plagioklásszal szemben az alacsonyabb fénytörés és az ikerlemezek hiánya.

A földpátokban, éspedig különösen a plagioklászban, igen elvétve nagyon apró, igen gyengén fénytörő izotrop színtelen zárványokat lehet látni, amelyeknek mibenlétét azonban nem sikerült megállapítani. A földpátok lécei elég gyakran félig körül vannak zárva az ércektől, úgy hogy az ilyen ércszemek a földpátoknál részben fiatalabb képződmények. Általában a földpátok idegen zárványokat nem szoktak tartalmazni.

A földpát mellett a legnagyobb tömegben a bazaltos **augit** jelenik meg, mely barnásan átlátszó. Pleochroizmusa alig vehető ki; optikai állandói titántartalmú bazaltos augitra utalnak. Eléggé automorf zömök prizmákat alkot, melyek legfeljebb 200 μ átmérőjűek; méreteik többnyire csak 50—100 μ között ingadoznak; az apróbbak rendesen automorfabbak. Az augitprizmák, éppen úgy, mint a földpátlécek, gyakran félig be vannak nőve a nagyobb ércszemekbe. Ritkán láthatók keresztalakú augitikrek.

3. ábra. Ilmenitre tapadt biotitlemezkék.

A sághegyi bazaltnak jellemző elegyrésze a **biotit**. Mindig csak igen apró, de jól meghatározható pikkelyeket alkot. A legnagyobb megfigyelt pikkely átmérője 80 μ-t tett ki; többnyire csak 40—50 μ méretű lemezkék láthatók, melyek igen gyakran vannak az ércekhez tapadva (3. ábra); színük barna, pleochroizmusuk igen erős. Az automorf hatszögletű pikkelyek igen ritkák, rendesen csak szabálytalan határvonalak figyelhetők meg; a lemezek mintegy foszlányszerűek és be vannak szorulva a zömök augitprizmák közé.

A **magnetit**szemek a hegy különböző szintjéből vett példányo-

kon kissé különböző módon fejlődtek ki. Így a felsőbb szintekben általában kisebb számú, de nagyobbra fejlett szemet találunk, melyek 300—400 μ átmérőjűek, meglehetős automorfok, az oktaéderes termet mindig jól felismerhető; az alsóbb szintekben sűrűn elhintett, azonban csak apró, 20—25 μ átmérőjű magnetitszemek láthatók. A nagyobb magnetitek gyakran földpátléceket és augitszemeket zárnak be magukba. A nagy olivinszemekben zárványok gyanánt elég gyakoriak a 10—12 μ átmérőjű magnetitoktaéderek.

Az **ilmenit** kevéssé automorf táblákat alkot, melyeknek szegélye karéjos-lebenyes; a táblák gyakran mintegy vagdaltak, átmérőjük a 800 μ-t is meghaladja, de vastagságuk ekkor is csak 30—40 μ; a leggyakoribbak a 200—300 μ átmérőjű és 15—20 μ vastagságú táblák. Az ilmenit ugyancsak félig bezárhatja magába a földpátot és augitot. A magnetitnek az ilmenithez való aránya a kőzetben meglehetős változó.

A fekete, át nem látszó ilmenit mellett kis mennyiségben megjelenik a szegfűbarnán áttetsző **titánvascsillám** is, mely helyenként automorf hexagonális pikkelyeket is alkot, többnyire azonban kevéssé automorf, hanem inkább csipkés-szélű. A pikkelyek 40—120 μ átmérőjűek, de csak 1—3 μ vastagok. A Sághegy legfelső szintjének bazaltjában titánvascsillámszerű igen apró hatszöges pikkelyeket is találunk, melyek azonban a titánvascsillámtól annyiban különböznek, hogy színük nem szegfűbarna, hanem a vörösösbe hajlik. E lemezkék valószínűleg átmenetet alkotnak a titánvascsillám és hematit között.

Az **apatit** nagyon elterjedt elegyrész; a hexagonális pálcikák hossza 400 μ-re rúghat; ugyanabban a kőzetben $200 \times 28\,\mu$ méretű pálcikák mellett bőven találunk apróbb, 120×4—$80 \times 2\,\mu$ nagyságú tűket is.

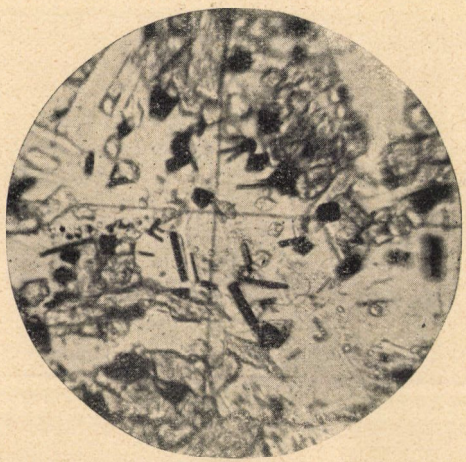
A **kalcit** mindegyik szintnek a kőzetében megtalálható, mennyisége igen csekély. Meglepő, hogy olyan kőzetdarabokban is otthonos, amelyeknek olivinja annyira friss, hogy a szerpentinesedésnek még csak nyomát sem árulja el. A kalcit e kőzetek csiszolataiban kis területeket foglal el és mintegy alapanyagot alkot, amelyben a friss földpátok szabadon úsznak; a mikroszkópi kép azt a benyomást kelti, mintha a kalcit primer kőzetalkotó elegyrész lenne.

A balatoni bazaltokkal, főként a Tátikacsoport kőzeteivel

szemben különösen jellemző, hogy a sághegyi bazaltokban eddig semmiféle zeolitásványt nem találtunk.

A sághegyi kőzetben teljesen hiányzik a salak és a kőzetüveg; az alapanyag elegyrészei szorosan egymás mellé símulnak; minden hézagot kitölt az apró földpáttáblácskák és augitszemecskék halmaza.

A sághegyi kőbánya felső szintjének közepe tájáról egy rendkívül érdekes kőzetpéldány került elő. A kőzet a bazalt szokásos elegyrészein kívül **rutilt** is tartalmaz. (4. ábra.) E kőzet elegyrészei: egy mm-nyi olivinszemek, melyek automorfok és kissé pörköltek, továbbá néha magnetitkoszorúval vannak körülvéve; átlagosan $200 \times 25\,\mu$ nagyságú plagioklásztáblák szanidinburokkal körülvéve, ill. az alapanyagban anortoklász is van, mely finoman ikerrovátkos szerkezetű; augitszemek, melyek elvétve $400 \times 120\,\mu$ nagyságú zömök prizmák, főkép azonban átlagosan $60 \times 25\,\mu$-nyi automorf szemek; csekély számú, 300—400 μ átmérőjű ilmenittáblák; bőséges, élesen automorf 20—40 μ átmérőjű magnetitoktaéderek; kevés számú, erősen pleochroos biotitpikkely átlagosan 45 μ átmérővel; igen kevés szegfűbarnán áttetsző 18—20 μ átmérőjű titánvascsillámpikkely; finom apatittűk; elenyésző kalcit és elég sok rutil. Utóbbi azonnal feltűnik rendkívül erős fénytörése folytán; ritkábban alaktalan, rendesen éles apró prizmákat alkot, melyeken a terminális lapok is jól felismerhetők. A rutilprizmák 20—60 μ hosszúak és 3—25 μ vastagok; a nagyobbak sötétbarnák, a vékonyabbak sárgás-barnán áttetszőek; a pleochroizmus nem erős, de azért kivehető: a prizmák hossziránya c barnásabb,



4. ábra.
Rutilpálcikák a bazaltban.

harántiránya sárgásabb, ill. kissé világosabb; a prizmás hasadás jól megfigyelhető. Rutil, mint a bazalt elegyrésze, már ismeretes ugyan, azonban a legnagyobb ritkaságok közé tartozik.

A Sághegy felsőbb szintjének bazaltjában miarolitos üregeket is találunk, melyekben a bazalt elegyrészei fennőtt kristályok alakjában fejlődhettek ki. Az üregek szomszédságában a bazalt rendesen igen durvaszemű dolerites lesz; elegyrészei több mm átmérőjűek lehetnek. Ebben a dolerites kőzetben, mely az üregek falát alkotja, az elegyrészek bizonyos jellegző sajátságokat árulnak el. Az 1—2 mm-nyi plagioklászok rendkívül frissek, táblás termetűek, kitűnően ikerrovátkoltak; az albitikrek mellett igen gyakoriak a karlsbadi és periklinikrek, sőt elvétve a manebachi ikrek is láthatók és a komplex-ikrek sem tartoznak a ritkaságok közé. A plagioklászok mellett a szanidin és az anortoklász is megjelenik nagyobb kristályok alakjában. A szanidin egyrészt önálló 1—1·5 mm-nyi kristályokat alkot, gyakrabban azonban a plagioklászt burkolja, ill. a nagy földpátkristályok egy része plagioklászból, másik része pedig szanidinből áll, mely általában kevéssé automorf szokott lenni. A szanidin optikailag negatív, tengelyszöge kicsi, ill. csaknem egy optikai tengelyű; közepes fénytörési együtthatója 1·530, tehát *Na*-ban gazdag szanidin. A szanidin kíséretében megjelenik az anortoklász is, mely jóval ritkábban alkot önálló, 1 mm-nyi kristályokat, hanem inkább a plagioklászt burkolja be, ill. a szanidin és anortoklász egyetlen kristályt alkotnak: a szanidin egészen észrevétlenül anortoklászba megy át, mely rendkívül finoman ikerrovátkolt, t. i. az egyes ikerlemezek 2—3 μ szélesek; gyakori a mikroklinszerű rácsos szerkezet is. Az anortoklász kioltása a (001) hasadási lapon csaknem egyenes, az optikai tengelyszöge 36—60° között ingadozik.

Az univerzálasztallal eszközölt meghatározások eredményeit a következőkben adjuk:

I. kristály. Karlsbadi iker:

	α	β	γ	2V	An%
egyik egyén	+76°	+66°	—28°		55
ebben periklin	+65	+44	+57		
másik egyén	+81	+66	—25	+72	48

Az anortoklászlemezekben az optikai tengelyszög $2V=-36°$, ill. $-60°$.

II. kristály, karlsbadi iker:

	α	β	γ	2V	An%
egyik egyén	+77°	+66°	—27°	+76°	54
ebben periklin	+66	+42	+57		
másik egyén	+78	+66	—27		53

Az anortoklászlemezben az optikai tengelyszög $2V=-60°$.

III. kristály, karlsbadi iker:

	α	β	γ	2V	An%
egyik egyén	+76°	+66°	—28°	+78°	55
másik egyén	+81	+66	—25	+80	48

Az anortoklászlemezben az optikai tengelyszög $2V=-60°$.

IV. kristály, albit-karlsbadi komplexiker:

	α	β	γ	2V	An%
egyik egyén	+81°	+66°	—25°	+76°	48
másik egyén	+84	+67	—23		45

A szanidinlemezben az optikai tengelyszög csaknem 0°.

V. kristály, karlsbadi ker:

	α	β	γ	2V	An%
egyik egyén	+73°	+66°	—26°		56
ebben (001) has.....	+60	+49	+58		
másik egyén	+77	+66	—27		53

Az anortoklászburokban az optikai tengelyszög $2V=-48°$.

VI. kristály, többszörös iker; a lemezek egymással egyrészt a karlsbadi, másrészt az albittörvény szerint nőttek össze; a külső burok anortoklászból áll:

	α	β	γ	2V	An%
egyik egyén	+82°	+67°	—23°		45
másik egyén	+82	+67	—23		45
harmadik egyén	+79	+65	—28		50

Az anortoklászburokban az optikai tengelyszög $2V=-49°$

A szanidinban, ill. anortoklászban elvétve igen gyengén fénytörő, víztiszta, izotrop zárványokat találunk, melyeknek méretei igen csekélyek. E zárványok automorfok is lehetnek: 12—20 μ átmérőjű derékszögű parallelogrammok, 20 μ átmérőjű hexagonok, melyekben három irányú hasadás látszik; a hasadási irányok egymással 60°-nyi szöget zárnak be. E zárványok ritkasága és kis méreteik a közelebbi kémiai vizsgálatot lehetetlenné tették, azonban más balatoni bazaltokkal való analógia alapján valószínűnek tartom, hogy e zárványok **analcim**ból állanak; ez állításomat azonban egyelőre csak fenntartással közlöm.

A földpáton kívül a dolerites bazaltban bővebben található a szokásos bazaltos augit, mely szabad szemmel nézve fekete, a mikroszkóp alatt ibolyás-barnásan átlátszó; ritkán automorf, többnyire 2—5 mm-nyi xenomorf szemeket alkot. Helyenként az augitok ibolyásbarna színe a zöldesbe megy át.

5. ábra. Földpát és augit írásgránitszerű összenövése.

Rendkívül jellemző a földpát és augit írásgránitszerű összenövése. (5. ábra.) A nagy földpátokba, melyek plagioklászok, szanidinek vagy anortoklászok is lehetnek, számos xenomorf apró augitszemecske van bennőve, melyek mind párhuzamosan vannak orientálva, úgy hogy egyszerre oltanak ki.

A biotit ugyancsak jelen van a dolerites bazaltban, de úgy mennyiség, mint nagyság tekintetében nem jut vezető szerephez; lemezkéi gyakran mintegy reá vannak tapadva az ércekre; ritkán automorfok, többnyire csak xenomorf pikkelyek, melyek 120—150 μ átmérőjűek.

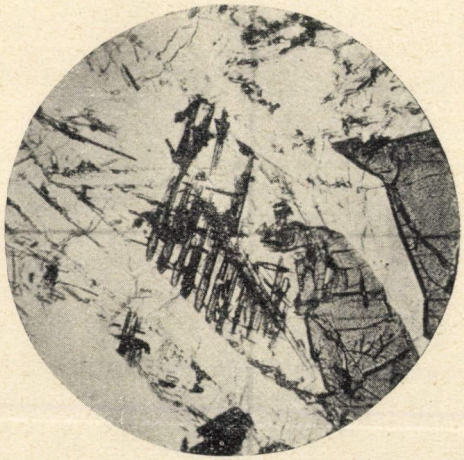
Az olivin helyenként bővebben lép fel, de nagyobb kristályokat

nem alkot; a szemek átmérője legfeljebb 300 μ. Roppant jellemző és változatos növekedési alakzatokban és vázakban jelenik meg; (6. ábra) különösen feltünnek a villásan elágazó egyének, melyek mindhárom földpátfajtában felléphetnek zárvány gyanánt. Az olivin a földpáttal ugyancsak írásgránitszerűen összenőhet: a földpátban számos, egymással párhuzamosan elhelyezett hosszabb olivinoszlopocskát látunk, amelyek egyszerre oltanak ki. (7. ábra.)

6. ábra. Belül üres olivinkristály, melynek szegélye sötét vörösbarna.

Az ilmenit a dolerites bazaltban tekintélyes automorf lemezeket alkot, melyek néha 3 mm átmérőjűek, de csak 50 μ vastagok. A különféle növekedési alakzatok és vagdalt formák igen gyakoriak.

A titánvascsillám a balatonfelvidéki bazaltokban sehol sem található olyan pompásan kialakulva, mint a sághegyi dolerites kőzetekben. Egyrészt automorf, 50—100 μ nagyságú szegfűbarnán áttetsző hexagonális pikkelyeket alkot, melyek megvastagodva opakká lesznek, másrészt pedig lebenyes-karéjos-csipkés



7. ábra. Olivin és földpát írásgránitszerű összenövése.

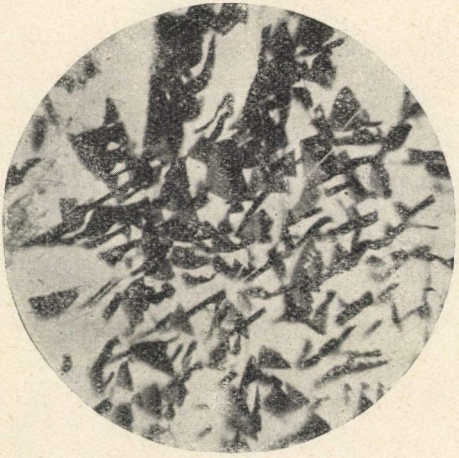
8. ábra. Földpátban szétsugárzó titánvascsillám-pikkelyek.

szélű pikkelyekből álló halmazok alakjában jelenik meg. E pikkelyek gyakran tömegesen lépnek fel és főként a földpátokban bennőve a legváltozatosabb csillagos, sugaras, páfrányalakú csoportokat alkotják. (8—9. ábra.)

A magnetit rendesen automorf; oktaéderes kristályai 200—500 μ átmérőjűek, de nem nagy számmal jelennek meg.

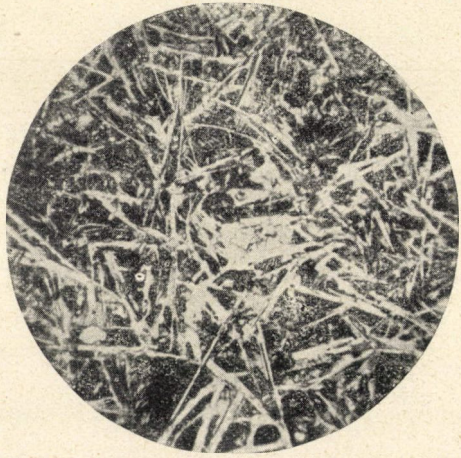
Nagyon elterjedt elegyrész az apatit; helyenkint tömegesen lép fel; nagyobb pálcikái 200–300 μ hosszúak és 8–16 μ vastagok; a finomabb, 6—10 μ vastag tűk a földpátokban tömegesen jelennek meg.

E dolerites bazalt, épp úgy, mint maga a közönséges sághegyi bazalt, nem salakos és kőzetüveget sem tartalmaz. Azonban a doleritas bazalttal közvetlenül össze vannak nőve olyan apróbb bazaltrészletek, amelyeket éppen az jellemez, hogy rendkívül aprószeműek és erősen salakosak. (10. ábra.) E részletek kis méreteik miatt csakis a mikroszkóp alatt ismerhetők fel; sokszor mintegy be vannak ékelve a dolerites tömegbe. E finomszemű



9. ábra. Titánvascsillám-pikkelyek a földpátban; erős nagyítás.

részleteket a dolerites bazalttal szemben zavarosságuk jellemzi. A salakos tömegben a legjobban van körülhatárolva a földpát, melynek nagyobb lécei 400×10 μ méretűek. E karcsú lécek ikrek, de csak két ikerlemezből vannak felépítve, a kioltásuk egyenes vagy csaknem egyenes. E földpátlécek bizonyára szanidinek és gyakran erősen meg vannak görbülve. A kevés olivin szép növekedési vázakat alkot. Az augitszemek e finomszemű részletben csak kivételesen lesznek nagyobbméretűek (200×60 μ); rendesen igen apróak, 8—10 μ átmérőjűek, teljesen xenomorfok, ill. rombuszalakú metszeteket szolgáltatnak; vagy szürkésen átlátszóak, vagy pedig inkább



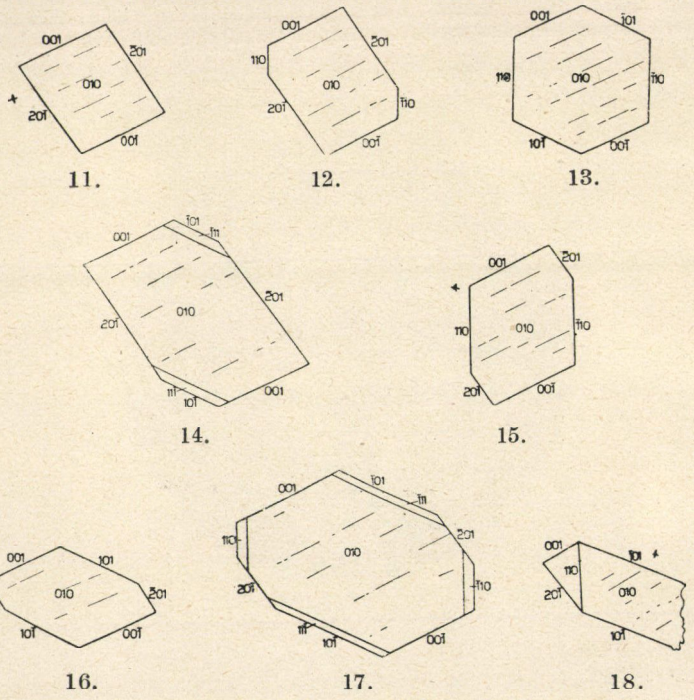
10. ábra. Salakos finomszemű bazalt; a fehér lécek szanidinek.

zöldesek. A nagyon csekély mennyiségű biotit 20—40 μ átmérőjű erősen pleochroos lemezkéket alkot. Az ilmenit csak egyes nagyobb táblákban (280×20 μ) látható; a titánvascsillám egyes helyeken bővebben lép fel, pikkelyei legfeljebb 60 μ átmérőjűek, többnyire csak igen rosszul körülhatárolt cafatok. A bőséges magnetitszemek igen aprók, azonban elvétve egyes 400 μ átmérőjű oktaéderek is felismerhetők. Az apatittűk hosszúak, méreteik 400×20 μ-t érnek el. Az elegyrészek közé bőséges salakos zavaros anyag van közbeékelve.

E finomszemű bazaltrészletben csakis az egyenes és ívelten

görbült földpátlécek vannak jól körülhatárolva, a többi elegyrész a salakos alapanyaggal együtt a földpátlécek közé mintegy be van ékelve.

Magukban a miarolitos üregekben a dolerites bazalt elegyrészei szabadon, automorf módon tudtak kikristályosodni. Az üregek szomszédságában a kőzet gyakran azt a benyomást kelti,

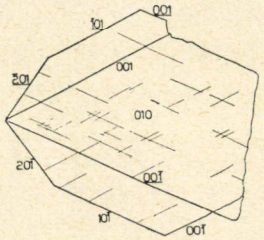


11—18. Fennőtt egyszerű plagioklásztáblák az oldallapra vetítve.

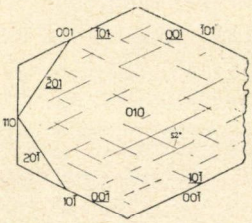
mintha a felületén utólagosan megolvadt volna, az egész tömegnek szivacsos-likacsos külseje lehet.

Az üregekben fennőtt plagioklász-, augit-, magnetit-, ilmenit-, biotit- és apatitkristályokat találunk. A plagioklászok 2—5 mm átmérőjű táblák, de rendkívül vékonyak és ezért már egyszerű érintésre is könnyen eltörnek. A goniométerrel való mérésre nem alkalmasak, azonban a mikroszkóp alatt a formák jól meghatároz-

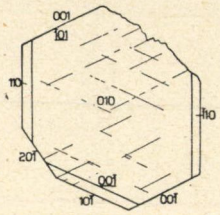
hatók. Uralkodó forma mindig a (010) oldallap, mely szerint a kristályok táblás termetűek. Nagyobb lapokkal jelenik meg a harmadik véglap (001), továbbá a $(20\bar{1})$ és $(10\bar{1})$ második fajta véglapok; ritkábban látható az (110) harmadik fajta prizma,



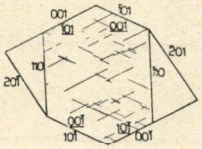
19.



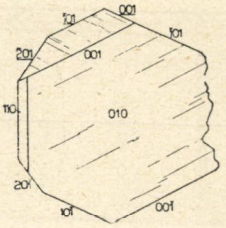
20.



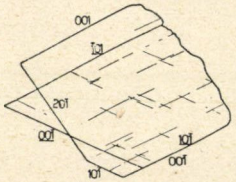
21.



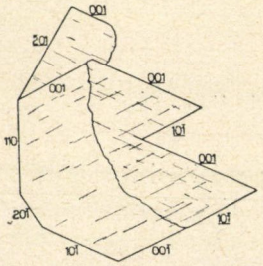
22.



23.



24.

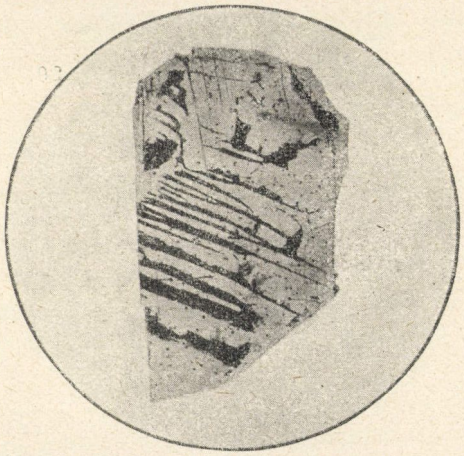


25.

19—25. ábra. Fennőtt plagioklász-ikrek az oldallapra vetítve; karlsbadi ikrek.

míg az $(11\bar{1})$ negyedik fajta prizma csak nagyon elvétve szokott kialakulni. (11—18. ábra.) Feltűnő gyakoriak a karlsbadi iker-kristályok; az iker két egyéne egymásra tapadva teljesen fedni szokta egymást; előfordulnak három egyénből álló karlsbadi ikrek

is. (19—25. ábra.) A plagioklásztáblák gyakran nem teljesen homogének, hanem mintegy mozaikszerűen egymáshoz illeszkedő hipoparallel részecskékből vannak felépítve. E fennőtt plagioklászkristályok gyakran tartalmaznak zárványokat. Különösen az ilmenit és a titánvascsillám szerepelnek gyakori zárványok gyanánt; utóbbi a legpompásabb és legfinomabb alkotású páfrányszerű növekedési alakzatokban látható. (26—27. ábra.) A plagioklászok kioltása a (010) lapon a (001) hasadási laphoz mérve —12°—16°; a kristály belseje gyakran kissé bázikusabb, szegélye pedig sava-



26. ábra. Fennőtt plagioklászkristály ilmenitzárványokkal.

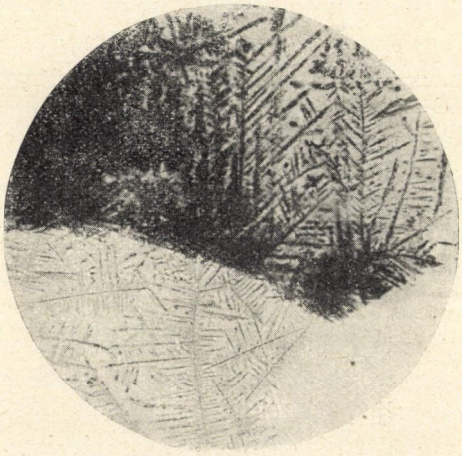
nyúbb; e kioltási szögek alapján e plagioklászok $Ab_{55}An_{45}$—$Ab_{50}An_{50}$ összetételű andezinlabradoritek.

A bazaltos augit sötét kristályai különféle termetűek. Vannak 1 cm hosszú, 2 mm széles és 1 mm vastag kristályok, melyek prizmás termetűek. Az uralkodó forma ilyenkor az (100) véglap, mely szerint a kristály táblás termetűnek is mondható; a többi jelenlevő formák, úgymint a (010) második véglap, az (110) harmadik fajta prizma és az ($11\bar{1}$) negyedik fajta prizma, csak keskenyebb lapokkal vannak képviselve; a kristály vízszintes metszete ekkor megnyúlt nyolcszög. E nagy augitok mellett találunk igen vékony, csaknem tűszerű kristályokat is, melyek ugyancsak 1 cm

hosszúak lehetnek, azonban csak 20—25 μ vastagok; e vékony kristályok már egészen világos színűek és az üregekben elég sűrűn léphetnek fel.

Nagy egyéneket alkot az ilmenit; táblái 1 cm átmérőjűek, azonban igen vékonyak; általában jól fejlett hexagonok, ill. a lemezek mintegy több hexagonális tábla ismétlődéséből állanak.

A magnetit ritkán szokott 1 mm-nél nagyobb, jól fejlett oktaéderek alakjában megjelenni; kristályai többnyire csak 0·5 mm átmérőjűek és általában nem nagy számmal lépnek fel.



27. ábra. Titánvascsillám-zárványok a fennőtt földpátban. Erős nagyítás.

A biotit rendkívül vékony pikkelyei nagyon szórványosan láthatók; szabad szemmel nézve sárgás színűek; a pikkelyek legfeljebb 1 mm átmérőjűek, de élesen automorfok.

Az apatittűk igen finomak, alig 1—2 mm hosszúak, azonban csak 20—60 μ vastagok; gyakran tömegesen jelennek meg és pókhálószerű fonadékká halmozódnak.

E makroszkópos kristályok kiválási sorrendjére nézve semmi törvényszerűséget sem lehet megállapítani, mégis úgy látszik, hogy a biotit a legutolsó képződmények közé tartozik, mert igen finom, sárgás színű cafatos részecskéi gyakran láthatók a földpát-,

augit- és ilmenittáblákon kérgezés gyanánt. Ugyancsak mint kérgezés, de vastagabb rétegek alakjában jelenik meg egy szürkéssárga amorf, gélnemű tömeg, mely helyenként meglehetős vastagon kérgezi be az üregek falát, ill. az azokban fennőtt ásványokat. Száradás folytán ez az anyag gyakran szabálytalanul össze van repedezve.

Némely üregben, mint legutolsó kristályosodott termék, megjelenik a mészpát, mely az augitra, földpátra és ilmenitre telepedett reá. A mészpát általában nem fejlődött ki jó kristályok alakjában, hanem csak kicsiny, 1—3 mm-nyi gömböket alkot, melyeken facettaszerű lapocskákat lehet felismerni. E kis gömbök nem ritkán hajszálfinom augittűkre telepedtek; az ilyen képletek buzogányra emlékeztetnek.

Ezenkívül vannak üregek, melyekben csakis mészpátot találunk; ez üregekben a mészpát valóságos bélést alkot, kristályai 1—2 mm nagyok, meglehetősen automorfok. Jól felismerhető a $-\frac{1}{2}R$ $(01\bar{1}2)$ romboéder mint uralkodó forma, mely finom rostozással a $-R$ $(01\bar{1}1)$ romboéderbe látszik átmenni; azonban utóbbinak lapjai vízszintesen olyan sűrűn rostozottak, hogy goniometrikus mérésre nem alkalmasak. Mellettük apró magnetitoktaéderek láthatók. Vannak apróbb üregek, melyeket a mészpát teljesen kitölt. Az **aragonit** egyes üregekben ugyancsak megjelenik; finom kihegyesedő tűi sugaras-rostos halmazokat alkotnak, melyek az üregeket csaknem teljesen kitöltik.

A pontusi homokkőből származó **kvarczárványok** több pontról kerültek elő. Különösen érdekes volt egy 2×5 cm nagy kvarczárvány; e zárvány körül és annak belsejében morzsás tömeget találunk, melyben a következő elegyrészek voltak felismerhetők: pompás zöldszínű, szabadon, automorf módon fejlett augitkristályok, melyek átlagosan 500×30 μ méretűek; kitűnően automorf olivinkristályok 50—500 μ átmérővel, 200—300 μ méretű magnetitoktaéderek; a tömöttebb szerkezetű kontaktzónában földpátokat találunk, melyek rendesen plagikloászok, de gyakran szanidinburokkal vannak ellátva.

A sághegyi bazaltból H. F. Harwood három új elemzést készített; egy régebbi elemzés Horváth Bélától származik. Az elemzéseket, továbbá a belőlük számított Osann- és Niggli-féle értékeket, valamint az amerikai normákat alább közöljük.

A Sághegy bazaltos kőzeteinek kémiai összetétele.

	Szerző neve			
	H. F. Harwood			Horváth Béla
	Lelőhely			
	Sághegy teteje	Sághegy, keleti bánya	Sághegy, alsó szint	Sághegy
SiO_2	48·69 %	48·79 %	49·09 %	47·34 %
Al_2O_3	14·08	14·35	14·29	15·07
Fe_2O_3	3·24	3·60	2·53	3·74
FeO	6·32	6·12	7·08	6·57
MgO	9·07	8·58	9·28	8·83
CaO	9·33	9·04	9·04	10·03
Na_2O	3·40	3·36	3·39	3·30
K_2O	1·86	1·86	1·83	2·22
H_2O^+	0·59	0·67	0·44	0·64
H_2O^-	0·38	0·59	0·22	0·15
CO_2	0·28	0·21	0·06	—
TiO_2	2·03	2·04	1·99	2·39
P_2O_5	0·61	0·50	0·51	0·18
Cl	0·01	0·06	0·06	—
F	0·02	0·01	0·01	—
S	nyomok	nyomok	nyomok	—
Cr_2O_3	0·02	0·02	0·03	—
V_2O_3	0·04	0·04	0·04	—
NiO	0·03	0·02	0·02	—
MnO	0·15	0·16	0·15	0·12
SrO	0·06	0·08	0·08	—
BaO	0·08	0·06	0·07	—
Li_2O	nyomok	nyomok	nyomok	—
Összeg	100·29 %	100·16 %	100·21 %	100·58 %
Levonandó O	0·01	0·01	0·01	
	100·28 %	100·15 %	100·20 %	
$D^{200}/_{4^0}$	2·946	2·954	2·935	2·916

A H. F. HARWOODtól megelemzett kőzetek közelebbi lelőhelye a következő: 1. a Sághegy legfelső része, közvetlen a tető alatt; 2. a Sághegy felső szintje, a kőbánya keleti végéből; 3. a Sághegy alsó szintje, a kőbánya északkeleti részéből, közvetlenül a tufa felett.

NIGGLI-féle értékek:

	si	al	fm	c	alk	ti	p	k	mg	qz	c/fm
Sághegy teteje	110	19	48	23	10	3·4	0·6	0·27	0·63	—30	0·47
Sághegy keleti bánya	112	19	48	23	10	3·5	0·6	0·27	0·62	—28	0·46
Sághegy alsó szint	110	19	49	22	10	3·3	0·5	0·26	0·63	—30	0·44
Sághegy (HORVÁTH B.)	103	19	47	24	10	3·9	0·2	0·30	0·61	—37	0·49
Teralitgabbroid típus	90	20	46	23	10			0·25	0·50		
Essexitgabbroid típus	105	23	43	24	10			0·25	0·50		

Miként a fenti táblázatból látható, a Sághegy bazaltos kőzete a NIGGLI-értékek alapján a teralithgabbroid, ill. essexitgabbroid magmatípusba sorozandó. Az alkáli-, ill. nátronjelleg már határozottan felismerhető.

OSANN-féle paraméterek:

	s	A	C	F	a	c	f	n
Sághegy teteje	53·15	4·74	4·03	29·31	3·7	3·2	23·1	7·3
Sághegy keleti bánya	53·65	4·73	4·28	28·33	3·8	3·5	22·7	7·3
Sághegy alsó szint..	53·21	4·68	4·16	29·11	3·7	3·3	23·0	7·3
Sághegy (HORVÁTH B.)...	51·73	4·85	4·48	29·61	3·7	3·5	22·8	6·9
Londorf-típus	52·72	4·50	4·80	28·45	3·5	4	22·5	7·5

Az OSANN-féle rendszerben e kőzetek éppen az alkali és alkali-kőzetek határán vannak, azonban mégis inkább az alkalikőzetek felé húznak.

A C. I. P. W. rendszerben a normák:

	Sághegy teteje	Sághegy, keleti bánya	Sághegy, alsó szint	Sághegy, (HORVÁTH B.)
Ortoklász	11·12 %	11·12 %	11·12 %	13·34 %
Albit	25·15	27·25	24·10	14·17
Anortit	17·51	18·62	18·07	19·74
Nefelin	1·99	0·57	2·56	7·38
Diopsid $CaO.SiO_2$	9·98	9·05	9·74	12·18
Diopsid $MgO.SiO_2$	7·10	6·60	6·70	8·90
Diopsid $FeO.SiO_2$	1·98	1·59	2·24	2·11
Olivin $2MgO.SiO_2$	10·92	10·50	11·62	9·24
Olivin $2FeO.SiO_2$	3·06	2·65	4·28	2·45
Magnetit	4·64	5·34	3·71	5·34
Ilmenit	3·80	3·95	3·80	4·56
Apatit	1·34	1·34	1·34	0·34
Kalcit	0·60	0·50	0·10	—
	99·19 %	99·08 %	99·38 %	99·75 %
Víz	0·97	1·26	0·66	0·79
	100·16 %	100·34 %	100·04 %	100·54 %

Ez elemzések mindegyikében a normák között ott található a nefelin; a kőzet tehát kovasavval nincsen telítve; a sághegyi bazalt a többi balatonfelvidéki bazaltokhoz hasonlóan már a **nátronkőzetek közé sorozandó.** E mellett szól még az anortoklász jelenléte is az ásványos elegyrészek között.

A SiO_2 mennyisége valamivel nagyobb, mint a Tátikacsoport bazaltjaiban, ami jórészt azzal magyarázható, hogy a sághegyi bazaltban hiányzik a zeolitek csoportja és ennélfogva a kőzet víztartalma sokkal kisebb.

Az értekezésben közölt rajzokat és fényképeket SZTRÓKAY KÁLMÁN tanársegéd készítette. A sághegyi kőbánya igazgatósága az anyag begyüjtésénél szíves volt segítségemre lenni. Mindkettőjüknek köszönettel tartozom.

Irodalom.

VITÁLIS ISTVÁN: A balatonvidéki bazaltok. A Balaton tudományos tanulmányozásának eredményei. I. kötet, I. rész. 1909.

JUGOVICS LAJOS: Az Alpok keleti végződése alján és a vasvármegyei Kis Magyar Alföldön felbukkanó bazaltok és bazalttufák. I—II. rész. Földtani Intézet évi jelentése. 1915. 49—73. és 1916. 63—76.

JUGOVICS LAJOS: Cordierittartalmú zárványok a sághegyi bazaltban. Mat. és Természettudományi Értesítő. **51.** 472.

MAURITZ BÉLA és H. F. HARWOOD: A Tátika-csoport bazaltos kőzetei. Mat. és Természettudományi Értesítő. **55.** 75.

B. MAURITZ u. H. F. HARWOOD: Der Basalt des SzentGyörgy-Berges in der Balatongegend. Math. u. Naturwissenschaftliche Berichte aus Ungarn. **38.** 1.

(A M. T. Akadémia III. osztályának 1936. ápr. 20-án tartott üléséből.)

DER BASALT DES SÁG-BERGES BEI CELLDÖMÖLK (UNGARN).

Von B. MAURITZ (Budapest) und H. F. HARWOOD (London).

Die Abhandlung erscheint in deutscher Sprache in der Zeitschrift «Mineralogische und petrographische Mitteilungen».

(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften vom 20. April 1936.)

DISZPERITASFOK-VÁLTOZÁSOK VULKÁNI TUFÁK ISZAPOLÁSÁNÁL.

SZTRÓKAY KÁLMÁN-tól.

Az üledékes kőzetek közt különleges helyzete van a vulkáni eredetű üledékeknek, tufáknak. Származásuk az eruptivumokhoz sorozza őket, viszont keletkezési körülményeiket, felhalmozódásukat az üledékekre érvényes törvények szabályozzák. Ez utóbbiak alapján tehát inkább üledékeknek kell őket tekintenünk és az eddigi vizsgálati módszereket szediment-petrográfiai szempontok szerint kell módosítanunk, hogy e képződményekre vonatkozó ismereteinket kellőképpen kibővíthessük. Mert az idevonatkozó eddigi vizsgálatok, jóllehet, teljességre törekedtek, mégis híjával voltak fontos genetikai megállapításoknak, amelyeknek figyelembevétele pedig az eredményeket lényegesen befolyásolhatja. Elsősorban a genezis szempontjából olyannyira fontos szemnagysági összetétel pontosabb meghatározására kell gondolnunk, mely mindezideig alárendelt szerepet játszott e kőzetek feldolgozásában.

A tufaüledékek vizsgálata azonban szedimentpetrográfiai szempontból még a kezdet nehézségeivel küzd. Különösen a finomabbszemű tufakőzeteknek az iszapoláskor megnyilvánuló természete még alapos kivizsgálásra szorul. Földvári Aladár (4) a közelmúltban megjelent és nagy körültekintéssel lefolytatott vizsgálatairól szóló dolgozatában már lényeges idevágó megállapítást tesz: a tufaszuszpenziók stabilizálására nincsen szükség. Másszóval: a használatos stabilizátoroknak jelenléte vagy hiánya a diszperzitás mértékében lényeges változást nem okoz, amiért is a szuszpenziók elkészítésénél e vegyületek teljesen mellőzhetők.

Szorosan csatlakozik az említett vizsgálatokhoz az alábbi

kísérletsorozat, melynek célja a vulkáni hamúkőzetek iszapoláskor való viselkedésének további kivizsgálása volt.

A vizsgálatokat KÖHN-féle pipetta-módszerrel szobahőmérsékleten végeztem. Stabilizátort természetesen nem alkalmaztam; a szuszpenzió elkészítése után 5—6 órával kezdtem meg az egyes osztályok folytatólagos elválasztását, csupán az utolsó, 7 ó 35'-et igénylő ülepítést végeztem a következő napon. Természetesen az aethylalkoholos közeg ülepítési idői az alkohol viszkozitásának és sűrűségének megfelelően módosultak. A szemnagysági változásokat egységesen, bizonyos intervallumon belül (>0·1—0·002> ⌀ mm) állapítottam meg.

A vizsgálatok arra a kérdésre kerestek feleletet, hogy szükséges-e a vulkáni erupciókból származó üledékeket, tehát magas

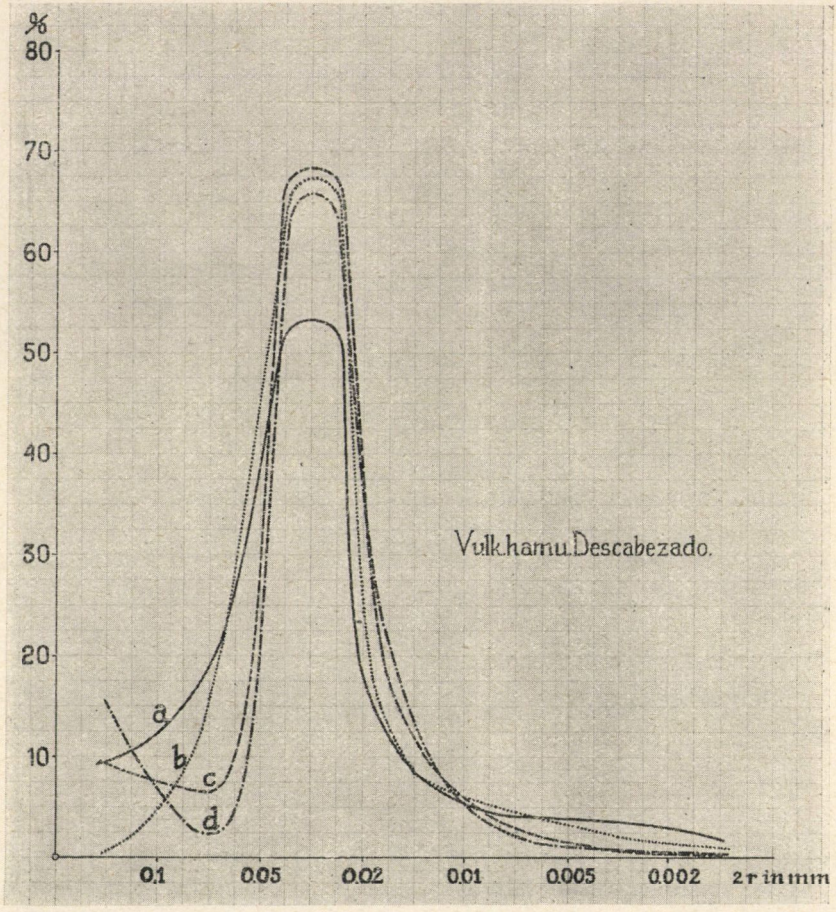
1. táblázat. (Descabezado)

Átmérő *Durchmesser in mm*	Súlypercent — *Gewichtsprozent*			
	I. Desztilláltvízben *Dispersionsmittel: Wasser*		II. Abszolut alkoholban* *Dispersionsmittel: Äthylalkohol**	
	a Légszárazon *Lufttrocken*	*b* 105° C-on kiszárítva *Bei 105° C getrocknet*	*c* Légszárazon *Lufttrocken*	*d* 105° C-on kiszárítva *Bei 105° C getrocknet*
> —0·1	9·54	0·42	9·29	15·17
0·1—0·05	19·18	15·83	6·43	2·14
0·05—0·02	53·31	67·33	68·20	65·93
0·02—0·01	8·61	8·26	12·37	13·58
0·01—0·005	4·00	4·76	2·66	2·14
0·005—0·002	3·57	2·10	0·84	0·42
0·002— >	1·79	1·30	0·21	0·62

$\Sigma = 100{\cdot}00$

Nedvesség *Feuchtigkeit* $= 1{\cdot}19\%$

* Aethylalkohol: súly % (Gew. %) = 99·5; térf. % (Vol. %) = 99·86; sűrűség (Spez. Gew.)= 0·791, 20° C; Visk. = η. 1000 = 12·3, 20°C.



1. ábra.

hőmérsékleten kirobbantott hamut, abszolút-alkoholban iszapolni, hogy a valóságot jobban megközelítő szemnagysági összetételt kapjunk? Mennyiben befolyásolja az eredményt, ha az anyagot desztillált vízben diszpergáljuk és milyen a kísérlet lefolyása, ha a mintát előbb 105° C-os hőmérsékleten a nedvességétől megfosztjuk? Természetesen az iszapolások céljaira egyenlőre csak jelenkori vagy kismértékű diagenezisen átment vulkáni hamut használtunk.

2. táblázat. (Rodderberg)

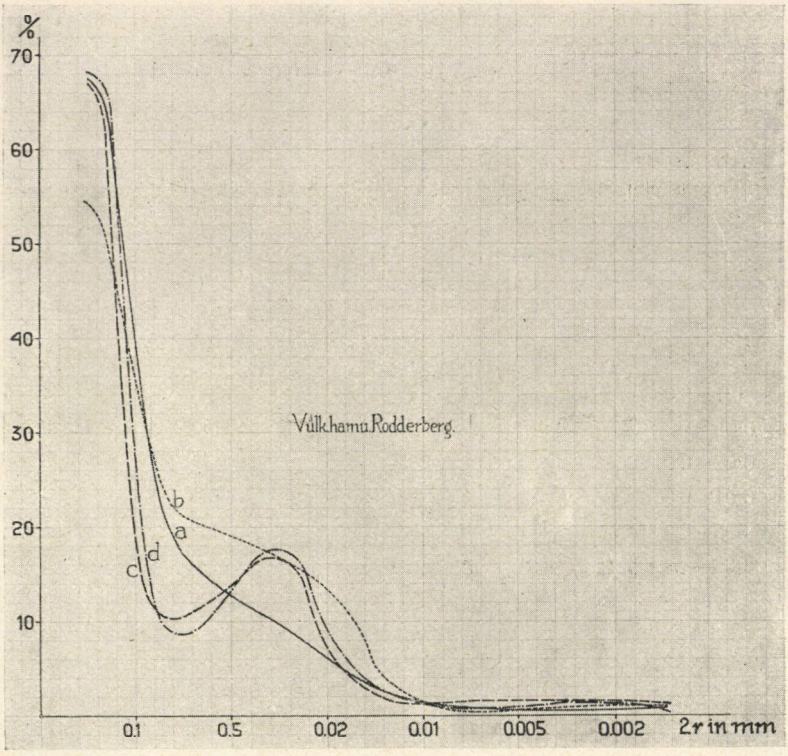
Átmérő *Durchmesser in mm*	Súlypercent — *Gewichtsprozent*			
	I. Desztilláltvízben *Dispersionsmittel: Wasser*		II. Abszolut alkoholban *Dispersionsmittel: Äthylalkohol*	
	a Légszárazon *Lufttrocken*	*b* 105° C-on kiszárítva *Bei 105° C getrocknet*	*c* Légszárazon *Lufttrocken*	*d* 105° C-on kiszárítva *Bei 105° C getrocknet*
> —0·1	67·57	54·15	67·10	68·11
0·1—0·05	17·51	21·83	10·20	8·72
0·05—0·02	9·57	16·62	16·65	17·53
0·02—0·01	3·02	5·30	2·82	3·08
0·01—0·005	0·82	0·38	1·72	0·53
0·005—0·002	0·63	0·77	1·51	1·41
0·002— >	0·88	0·95		0·62

$\Sigma = 100{\cdot}00$

Nedvesség / *Feuchtigkeit* = 1·00%

Az első minta a délamerikai Descabezado vulkán 1932. évi kitöréséből származik. Ezt a hamut a kitörés helyétől (Közép-Chile) 1200 km-nyire lévő Buenos Airesben gyüjtötte ott élő hazánkfia, VEZÉNYI ÁRPÁD. A teljes kőzettani vizsgálat eredményeit szerző már ismertette (6), itt csupán az iszapolási eredményeket közöljük, melyek tulajdonképpen a fenti kérdésekre terelték a figyelmet. A szemnagysági vizsgálat négyféle kísérleti eredményét az 1. sz. táblázat szemlélteti.

De a táblázatos összefoglalásnál sokkal szembeszökőbbek az eredmények, ha az értékeket grafikusan visszük fel (1. sz. ábra). Az uralkodó jellegű osztályozottság figyelmen kívül hagyásával, a négy görbe alakjában látható sajátságokat kell a cél érdekében szemügyre vennünk. Azonban mielőtt ezek részletezésébe bocsájtkoznánk, a többi minták vizsgálati eredményeit is végig kell tekintenünk. Sokkal durvábbszemű, sötétszürke hamu a második



2. ábra.

minta Rodderbergről (Rajna vidék), mely a Tud. Egy. Ásványkőzettani Intézetének gyüjteményéből való. Szemnagysági összetételét a 2. sz. táblázat és a 2. sz. diagramm szemlélteti. Ugyancsak négy eljárással vizsgáltuk szuszpenziókban való viselkedését a következő mintáknak is. Ezek egyike sárgásfehér, lisztszerű, finom tufaőrledék, egy trassz-anyag, a Hungária puzzolán «A», melyet Földvári A. volt szíves vizsgálat céljaira átengedni. A másik pedig a Vezuvnak multszázadvégi kitöréséből származó, világosszürke, finomszemű hamuja, mely a Tud. Egy. Földtani Intézetének gyüjteményéből való. Ez utóbbiak iszapolási eredményeit a 3. és 4. sz. táblázat és a 3. és 4. sz. ábra mutatja be.

Vizsgálati anyagjaink teljesen eltérő eredetűek és összetételűek,

3. táblázat. (Hungaria puzzolan «A»).

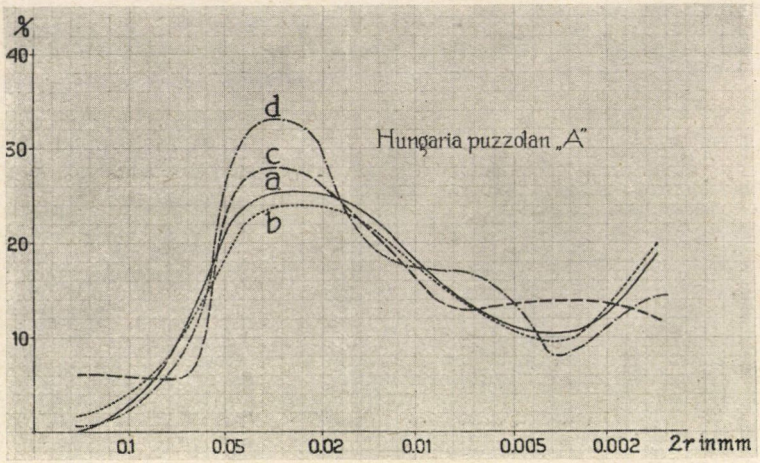
Átmérő *Durchmesser in mm*	Súlypercent — *Gewichtsprozent*			
	I. Desztilláltvízben *Dispersionsmittel: Wasser*		II. Abszolut alkoholban *Dispersionsmittel: Äthylalkohol*	
	a Légszárazon *Lufttrocken*	*b* 105° C-on kiszárítva *Bei 105° C getrocknet*	*c* Légszárazon *Lufttrocken*	*d* 105 C°-on kiszárítva *Bei 105° C getrocknet*
> —0·1	0·00	1·68	6·14	0·50
0·1—0·05	9·84	9·88	5·65	7·60
0·05—0·02	25·25	23·60	27·86	33·05
0·02—0·01	22·83	21·70	21·56	19·56
0·01—0·005	13·26	13·64	12·94	16·86
0·005—0·002	10·42	9·60	13·92	8·10
0·002— >	18·40	19·90	11·93	14·33

$\Sigma = 100{\cdot}00$

Nedvesség *Feuchtigkeit* $= 4{\cdot}05\%$

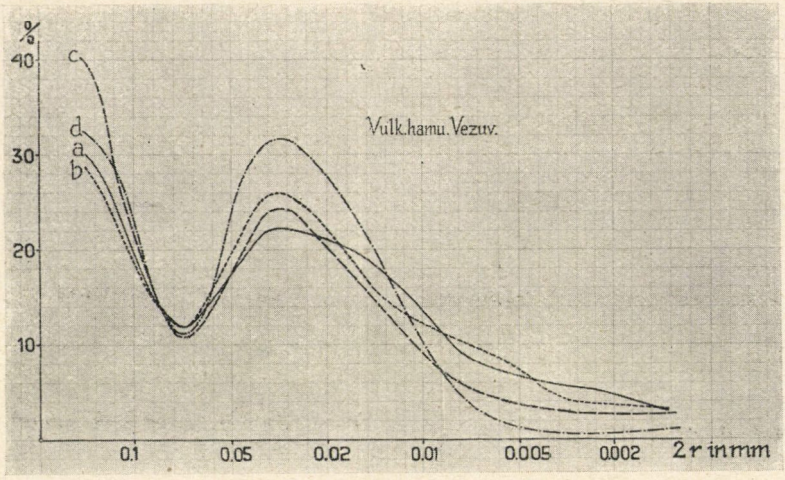
ezért meglepőek a nagyon egyező eredmények, melyeket az összehasonlítás révén nyerünk. A legszembetűnőbb egyezést akkor figyelhetjük meg, ha a görbék futását a 0·05—0·02 mm-es osztályok felett vesszük szemügyre. Ezen osztályokon belül, tekintet nélkül az uralkodó szemnagyságra (osztályozottságra), a görbék futásában egy koagulációs maximum jelentkezik. De csak az alkoholos közegben szuszpendált rendszereknél! Azonban hajlamosság mutatkozik erre azoknál a görbéknél is, melyek vízben szuszpendált, de 105°C-on szárított minták iszapolási eredményeit szemléltetik. Ez utóbbi különösen szembetűnő a 2. számú minta diagrammjánál (*b*). Utóbbi bazalthamu durvább összetételű, mennyiségének kétharmadrésze a 0·1 mm-es szemcsehatáron kívül esett: éppen ezért tanulságos és döntő a szerepe az eredmények megítélésében.

Nagyon fontos jelenség az, hogy a *c*—*d*-görbék koagulációs maximumai honnan veszik szemcsetöbbletüket, mellyel a diszper-



3. ábra.

zitás megváltozik: legnagyobbrészt balról, a nagyobb szemcsenagyságok felől. Ez a körülmény két szempontból fontos: 1. Szembeállítja a 105°-on előkészített hamu-szuszpenziók változásait C. W. Correns és W. Schott vizsgálati eredményeivel (3), akik úgy találták, hogy a 105° C-on dehidratált agyagokból készült szusz-



4. ábra.

4. táblázat. (Vezuv).

Átmérő *Durchmesser in mm*	Súlypercent — *Gewichtsprozent*			
	I. Desztilláltvízben *Dispersionsmittel: Wasser*		II. Abszolut alkoholban *Dispersionsmittel: Äthylalkohol*	
	a Légszárazon *Lufttrocken*	*b* 105° C-on kiszárítva *Bei 105° C getrocknet*	*c* Légszárazon *Lufttrocken*	*d* 105° C-on kiszárítva *Bei 105° C getrocknet*
> —0·1	30·01	28·53	39·75	32·30
0·1—0·05	11·87	11·86	10·84	11·12
0·05—0·02	22·17	25·93	24·23	31·67
0·02—0·01	18·35	15·67	14·13	19·66
0·01—0·005	8·72	10·04	5·53	3·67
0·005—0·002	5·64	4·84	2·87	0·59
0·002— >	3·24	3·13	2·65	0·99

$\Sigma = 100{\cdot}00$

Nedvesség *Feuchtigkeit* $= 1{\cdot}04\%$

penziók diszperzitásfoka csökkent, az összetétel durvább lett a finomabb részletek rovására. Az igaz, hogy tufáink közül csak a trassz-őrledékben volt 0·002 mm szemnagyságon aluli részlet nagyobb mennyiségben s ennek változását behatóbban nem figyeltük meg, azonban a görbék itt is hasonlóan — bár enyhébben — emelkednek a maximumok felé. 2. Az aethylalkoholban való ülepítés hasonló, de erőteljesebb változást okoz, mint a 105° C-on előkészített és vízben végzett iszapolás. Bizonyítékul tekintsük meg a *c*, *d* jelű görbéket és hasonlítsuk össze futásukat a *b* görbékkel. Azt is kiolvashatjuk még, hogy az alkoholos közegben már közömbös, hogy az anyagot előzőleg kezeltük-e 105° C-os szárítással vagy sem. A diszperzitásfok-változások magyarázatát okvetlenül dehidratációs jelenségben kell keresnünk.

Ismeretes, hogy szuszpenzióban a részecskék elektromos töltése s az ebből származó elektrosztatikai taszítóerő még nem ele-

gendő ahhoz, hogy a részecskék ne koaguláljanak. A szuszpenzió állandóságához az is szükséges, hogy a részecskék megfelelő vastag s megfelelő mechanikai ellenállással bíró, ú. n. szolvát-réteggel legyenek körülvéve. Ebből az következik, hogy a koagulációt nemcsak a részecskék elektromos töltésének változása, hanem a szolvátrétegek vastagságának csökkenése is előidézheti. A szolvátburkok redukcióját s az ebből származó koagulációs jelenségeket az alkoholos közeg dehidratáló hatásával magyarázhatjuk. A *b*-jelű kísérletek vizes szuszpenziójában a 105° C-on szárított minta szemecskéi *részben* újra hidratáltak s ezért csak hasonlítanak, de nem egyezők az eredmények az alkoholos közegben tapasztaltakkal.

A vizsgálatok eredményeiből tehát nyilvánvaló, hogy vulkáni hamuüledékek kőzettani vizsgálatánál, a szemnagysági összetétel megállapítására készítendő szuszpenziókból a peptizátorok elhagyhatók. De ennél lényegesebb körülmény, hogy nem tanácsos a vizsgálandó mintát diszpergálás előtt nedvességétől megfosztani és nagyon hátrányosan befolyásolja az eredményt, ha vízelvonó közegben diszpergáljuk. A fenti minták vizsgálatából kitűnik, hogy ezeknél a kőzeteknél a legmegfelelőbb és legmegbízhatóbb szemnagysági összetételt akkor kapjuk, ha vízben, légszárazon, előzetes kezelés nélkül készítjük el a szuszpenziót.

Felhasznált irodalom.

1. Buzágh A.: A kolloidok természettudományi jelentősége. Budapest, 1931.

2. C. W. Correns—W. Schott: Vergleichende Untersuchungen über Schlämm- und Aufbereitungsverfahren. Kolloid Zeitschr. 61. 1932.

3. C. W. Correns—W. Schott: Über den Einfluss des Trocknens auf die Korngrössenverteilung von Tonen. Kolloid Zeitschr. 65. 1933.

4. Földvári A.: Agyagok iszapolása ammoniumhidroxid-, nátriumoxalát- és nátriummetaszilikát-oldatban. Magy. Tud. Akad. Matem. és Term. tud. Értesítő. 54. 1936.

5. H. Gessner: Die Schlämmanalyse. Leipzig, 1931.

6. Sztrókay K.: A Descabezado (Chile) vulkáncsoport 1932. évi kitöréséből származó vulkáni hamu kőzettani vizsgálata. Földtani Közlöny. 66. 1936.

(A M. T. Akadémia III. osztályának 1937. jan. 18-án tartott üléséből.)

ÄNDERUNGEN DES DISPERSITÄTSGRADES BEI DER SCHLÄMMANALYSE VULKANISCHER TUFFEN.

Von K. SZTRÓKAY.

Die Untersuchungen bezüglich der Korngrössenzusammensetzung feinkörniger vulkanischer Aschen sind noch sehr spärlich. Deshalb führte Verfasser die mechanische Analyse von Tuffen verschiedener Fundorte aus. Die Analysen erzielten festzustellen, welches Verfahren zur Ermittlung der Korngrössenverteilung vulkanischer Tuffen am besten geeignet wäre. Die untersuchten Aschenproben waren folgende: 1. Asche der Vulkangruppe Descabezado in Südamerika, Ausbruch im Jahre 1932 (gesammelt in Buenos Aires); 2. vulkanische Tuffe von Rodderberg (Rheinprovinz); 3. Mahlprodukt einer Tuffe «Hungaria Puzzolan A»; 4. Vesuvasche aus einem Ausbruche um das Jahr 1880. Die Schlämmanalysen wurden mittels der Pipettenmethode ausgeführt. Als Dispersionsmittel dienten Wasser und Aethylalkohol. Die Proben wurden ohne Vorbereitung (lufttrocken) und durch Vorbereiten mittels Trocknen bei 105° C analysiert. In den Tabellen bedeutet:

a) Dispersionsmittel Wasser, lufttrocken,

b) Dispersionsmittel Wasser, bei 105° C getrocknet vorbereitet,

c) Dispersionsmittel Alkohol, lufttrocken,

d) Dispersionsmittel Alkohol, bei 105°C getrocknet vorbereitet.

Stabilizator wurde am Grunde der FÖLDVÁRI'schen Untersuchungen (4) nicht angewandt.

Bei den im Alkohol geschlämmten Proben zeigt sich ein Koagulationsmaximum im Korngrössenbereich 0·05—0·02 mm. Die bei 105° C getrockneten Proben zeigen in Wasser geschlämmt ein ähnliches, aber viel weniger ausgeprägtes Maximum.

Diese Koagulationsmaxima (Dispersitätsänderungen) können durch Dehydratation erklärt werden; denn in dem vorliegenden Falle reicht wegen der relativen Grösse der Teilchen die gegenseitige elektrische Stosswirkung der Partikel nicht aus, um die Koagulation zu verhindern, wenn das Gleichgewicht der Solvathüllen gestört wird. Dehydratation übt deshalb Potentialverminderung auf die Teilchenladungen aus und ruft dadurch Koagulation hervor. Als dehydratisierendes (wasserentziehendes) Mittel dient der Alkohol. Trocknet man die Proben bei 105°, so werden zwar die Solvathüllen zerstört, aber bei der nachfolgenden Dispergierung im Wasser teilweise neu gebildet, sodass die Koagulationsmaxima im Vergleich zur alkoholischen Suspension weniger ausgeprägt werden. Das Vorhandensein einer Verteilungsdifferenz entgegen der lufttrocken geschlämmten Proben deutet aber doch dahin, das beim Trocknen bei 105° C irreversible Koagulationsvorgänge sich abspielen.

Als Resultate konnten die Folgende festgestellt werden: 1. Bei der mechanischen Analyse vulkanischer Tuffen ist der Gebrauch von Stabilisatoren zu vermeiden. 2. Die Probe soll lufttrocken untersucht werden. 3. Die Ergebnisse der Schlämmanalyse werden durch den Gebrauch eines dehydratisierenden Suspensionsmittel wegen eintretende Koagulation verfälscht.

Verlässliche Resultate über Korngrössenzusammensetzung vulkanischer Tuffen werden erhalten, wenn die Analyse im Wasser, mit einem nicht vorbehandelten und lufttrockenen Material ausgeführt wird.

(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften vom 18. Jänner 1937.)

A NAGYTÉTÉNYI FULLERFÖLD ÉS BÁNYÁSZATA.

VITÁLIS ISTVÁN l. tagtól.

A *fuller's earth*, a *Walkerde kalló-, csapó-, ványoló-föld* néven régóta ismeretes ugyan hazánkban is, de bányaiparunkban csak most jutott szerephez, mint a megcsonkított ország egyik *új bányaterménye.*

Egy Amerikában járt bányavállalkozó : KLEIN ELEMÉR bányamérnök, terelte reá újabban a szakkörök figyelmét és érdeklődését és így azután — amint azt a *Bányászati és Kohászati Lapok* f. évi 2. számában olvashattuk — 1935. év végén *Magyar Bányamívelő* cégnévvel egy új vállalat alakult, amely a *nagytétényi fullerföldnek a kibányászását tűzte ki célul.* (1)

Dr. SZABÓ JÓZSEF, aki egy személyben jogász, bányász és geológus volt, már 1879-ben felhívta a figyelmet a Budai hegységben, *Tétény* vidékén, a cerithiumos szarmata mészkő porlós rétegei között egy vékony *biotit-trachittufa* közbetelepülésre, amelynek az anyaga legnagyobbrészt «*zöldes agyag*»-gá mállott. (2)

SZABÓ 1883-ban geológiai tankönyvében is megemlékezett erről a zöld agyagról. (3)

HALAVÁTS GYULÁnak, aki pedig ugyancsak bányász és geológus volt, 1902. évben SZABÓ közleményeiből csak az ragadta meg a figyelmét, hogy «a szarmata felsőbb régiójában, Tétény táján, vékony *trachittufa*-réteg van»; a *zöldes agyag* nem érdekelte őt. (4)

HALAVÁTS 1910-ben Budapest neogén üledékeiről közölt monografikus munkájában is csak a vulkáni törmelékről emlékezik meg, amelyet most *andezittufának* jelöl; SZABÓ *zöldes agyagja* ekkor sem ragadta meg a figyelmét. (5)

Sőt SZABÓ volt tanítványának, majd tanársegédjének, SCHAFARZIK FERENC dr. néhai főgeológus és volt műegyetemi tanárnak is csak a szarmatakorú vulkáni hamuszórás anyaga, szerinte a *riolittufa* és annak ásványai közül különösen a *cirkon* kötötte le a figyelmét, de a *zöldes agyaggal* ő sem foglalkozott. (6, 7)

1920-ban VENDL MIKLÓS dr., a budapesti Pázmány Péter Tudományegyetem ásvány-kőzettani intézetének az akkori adjunktusa, jelenleg a József Nádor Műegyetem tanára, igen részletes minerológiai-petrografiai vizsgálatot végzett a tétényi szarmatakorú vulkáni hamuszórás produktumán s ásványalkatrészein és megállapította, hogy az olyan *biotitos dacittufa*, amely csekély kvarctartalma következtében az *andezittufa-típushoz* közeledik. VENDL MIKLÓS figyelme kiterjedt SZABÓ zöldes agyagjára is és azt kőzettanilag a következőképpen jellemzi: «*zöldes*szürke színű, *szappanos* tapintású, a legtöbb részen *kővelőszerű*, eléggé tömörnek mondható, bár kézzel is szét lehet törni apróbb darabkákra». Kétségtelen, írta VENDL MIKLÓS, hogy a tufa alapanyaga az *agyag*-félék egyik képviselője s valószínűleg közel áll a *steat-argillit*hez s úgy véli, hogy az alapanyag egy része az üvegbázis devitrifáklódása, hidrochemiai átalakulása révén keletkezett. Arról azonban, hogy ez a steat-argillitszerű *zöldes agyag* bányászatilag is értékesíthető volna, VENDL MIKLÓS sem tesz említést. (8)

1929-ben igen részletes ásvány-, kőzet- és rétegtani ismertetést nyujt a nagytétényi *Diósárok* szarmata mészkövéről és az abban előforduló 16—34 cm vastag *zöldesszürke, kővelőszerű* betelepülésről az a nagyon értékes földtani kalauz, amelyet SCHAFARZIK FERENC dr. néhai és VENDL ALADÁR dr. jelenlegi műegyetemi tanár adott közre Budapest geológiai viszonyairól. Ámbár ez az értékes munka kiemeli, hogy a szarmata-mésznek a biotitos-dacittufa alatt fekvő része fejtésre érdemes, a kővelőszerű *zöldes agyag*ról ez a munka sem említi, hogy az bányászatilag hasznosítható lehetne. (9)

Ilyen előzmények után érthető, hogy KLEIN ELEMÉR bányamérnöknek nem volt könnyű a geológus és a bányászkörökben, valamint az iparvállalatok vezetőembereivel elhitetni, hogy a nagytétényi Diósárok *zöldes agyagja: fuller's earth*-ja bányászatilag, iparilag *hasznavehető, értékesíthető anyag.*[1]

A nagytétényi fullerföld értékesíthetőségét tanúsítja azonban most már az a tény, hogy 1934. október 20-tól 1936. október hó

[1] VENDL ALADÁR tanártársam szíves szóbeli közlése szerint néhai SCHAFARZIK FERENC műegyetemi tanár már 1918-ban felhívta volt ANDREICS JÁNOS bányaigazgató figyelmét a nagytétényi fullerföldre, akkor azonban a Svájcban tervezett aktiválás a nyersanyagnak nagy szállítási költsége miatt nem látszott gazdaságosnak.

8-ig, vagyis két éven át 1450 vagont szállítottak belőle külföldre: Ausztriába, Csehszlovákiába (Pozsonyba: Bratislavába), Lengyelországba (Kattowitzba) és már építik Nagytétényben is a gyárépületet, ahol a nyers derítőföldet: «*aktiválni*» fogják.

Minthogy KLEIN ELEMÉR bányaigazgató úr szíves előzékenységgel lehetővé tette, hogy a nagytétényi fullerföld-bányát AJTAI ZOLTÁN üzemvezető-főmérnök kalauzolása mellett megtekinthessem, és minthogy a környék földtani viszonyait is ismerem, azt hiszem, hogy mint a teleptan tanára, kötelességet teljesítek, amikor csonka országunknak ezt az érdekes ásványkincsét, illetve ezt az *új bányaterményét megismertetem.*[1]

Budatétény (Kistétény) *Nagytétény* községek határában horizontálisan nagy kiterjedésben fekszik a szarmata mészkő és annak a felsőbb részében, mint már említettük, SZABÓ JÓZSEF még 1879-ben észrevette azt a vékony *zöldes agyagot,* amely a szarmatakorú biotitos dacit (vagy andezit) hamuesőjének az elmállott, elbontott anyagjából keletkezett.

Ha Budapestről a helyiérdekű vasúton a Budatétény és Nagytétény között keletkezett *Baross Gábor-telepre* megyünk, az Apponyi-út nyugati oldalán, a X. utcával szemben az egyik mészkőfejtőben a következő rétegsort látjuk feltárva:

	0·50 m vastag	fekete televény: «rendzina».
Fedő:	3·00 « «	töredékes, szétfagyott szarmata mészkő, *Tapes gregaria, Cardium obsoletum* kőmagvakkal,
	0·03 m vastag	dacittufás derítő (fuller-) föld,
	0·04 « «	*tiszta derítő (fuller-)föld* (kővelő),
Fullerföld	0·04 « «	dacittufás derítő (fuller-) föld,
0·25 m	0·01 « «	mészrétegecske,
	0·08 « «	dacittufa, kissé elmálva,
	0·05 « «	*tiszta derítő (fuller-) föld,*
Fekvő:	több « «	tömöttebb szarmata mészkő, melyből idomkő készül, sok *Cardium obsoletum, Trochus podolicus* etc. kőmagvakkal.

[1] Itt említem meg, hogy a fullerföldnek DANA szerint két főalkatrésze van: a *smektit:* $Al_2O_3 . 7\ SiO_2 . 12\ H_2O$ és a *malthacit:* $Al_2O_3 . 7\ SiO_2 . 16\ H_2O$. A smektit a *bolus* finom szemcsés tömege, a malthacit az *allophan* egyik félesége és így az újabb ásványtanok a *fullerföldet* a víztartalmú kovasavas timföldek *allophan*-csoportjába osztják.

Itt tehát 25 cm vastag a derítő (fuller-) föld, de abból csak 4 és 5 cm a tiszta, kővelőszerű anyag: a telepecske többi része még «nem érett» dacittufás anyag.

A fullerföld-telepecske 20—25 m csapáshosszban van feltárva és a vastagsága alig változik. Szerkezetében is csak annyi a változás, hogy helyenként a fedő felé a fullerföld-rétegecskék váltakoznak a szarmata mész lemezeivel.

Tovább észak-északnyugati irányban a Baross Gábor-telep XI—XII. utcájával szemben, nyugat felé, még nagyobb kőbányában van a szarmata mészkő feltárva és ott a fullerföld-telep kissé vastagabb: 36 cm; ámde csak az alsó 6 cm vastag teleprész tiszta, kővelőszerű fullerföld, a telepecske többi része olyan laza szarmata mész, amelybe vékony fullerföldzsinórok iktatódnak közbe, a hamuszórás megismétlődése következtében. A fullerföld-telepecske kitűnő réspadot szolgáltat a mészkő fejtésekor.

A Baross Gábor-telep XIII. utcájával szemben, nyugat felé, özv. Nikolétiné mészkőbányájában ismét 25 cm vastag a derítőföldtelep és itt az alsó 8 és a felső 11 cm vastag padocska tiszta, kővelőszerű kolloidális fullerföld, a közbeeső 6 cm vastag teleprész biotitos dacittufa, amely azonban átalakulóban van derítőfölddé.

Itt a rétegsor a következő:

	0·50 m	televény: rendzina,
Fedő:	1·70 «	töredezett szarmatamész,
Fullerföld 0·25 m	0·11 «	*tiszta fullerföld* (kővelőszerű),
	0·06 «	biotitos dacittufa («nem érett» fullerföld),
	0·08 «	*tiszta fullerföld* (kővelőszerű),
Fekvő:	több «	vastag, összeálló szarmata mész, melyből idomkövet fűrészelnek.

Ha innen leereszkedünk a *Diós*-árokba, ott Maloschek Róbert villája mellett csak 20 cm vastag a derítőföld-telepecske és annak csak az alsó 6 cm vastag része tiszta, kővelőszerű, kolloidális fullerföld, a felső 14 cm vastag teleprész biotitos dacittufa, illetve «nem érett» derítőföld.

A Diós-árok felső részében, az utolsó pinceház mellett, táróra bukkanunk: ez az *Edit*-táró; itt kezdte meg a *Bányamívelő* a

fullerföld kitermelését. Itt azonban a telep vékonysága következtében 1934/35. évben csak mintegy öt hónapon át folyt a termelés s az üzem *egyelőre* szünetel. Itt azt figyelhetjük meg, hogy két fullerföld-telep iktatódik a szarmata rétegek közé: a felső-telep a pince felett természetes feltárásban látható, az alsó, 30—35 cm vastag, fullerföld-telepet az Edit-táróval nyitották fel. A tároló előtt ott fekszik a kitermelt biotitdús fullerföld is.

Kissé feljebb, a *Diós*-árok völgyfejében, nyílik az *Endre*-tároló; jelenleg annak a segítségével fejtik a fullerföldet, amely itt 70 cm-ig is kivastagszik és az átlagos pillérmagassága 50 cm. A fullerföld-telep itt is cerithiumos szarmata mészkő között fekszik.

A fekvő az a világos szürkésfehér, porózus mészkő, amely régóta kedvelt építőkő, a szarmata üledékekre jellemző cerithium-benyomatokkal.

A fullerföld-telep egészben világos zöldesszürke és így már színre nézve is megkülönböztethető a fekvőt és fedőt alkotó fehéres mészkőtől. Még feltűnőbb közvetlen érintéskor sikamlós, szappanszerű tapintása, amiért a nép találóan «*szappankő*»-nek mondja. A telep alsó része tele van hintve fénylő, feketeszínű, hatszögletes biotit-táblácskákkal, amelyek szabad szemmel is könnyen észrevehetők. A telepnek ezt az alsó, legkevésbbé tiszta részét tömedékanyagnak használják. A telep többi részében a biotit-szemcsék nagyon aprók és gyérebben helyezkednek el, sőt előbb ujjnyi, majd arasznyi vastagságban olyan teleprészek következnek, amelyekben alig venni észre biotit-szemcséket; ezek a teleprészek jóval világosabb zöldessárgásszürke színűek.

A telepnek ez a tömör része az egykori vulkáni törmelék legapróbb, legfínomabb anyagából: a vulkáni iszapból halmozódott fel.

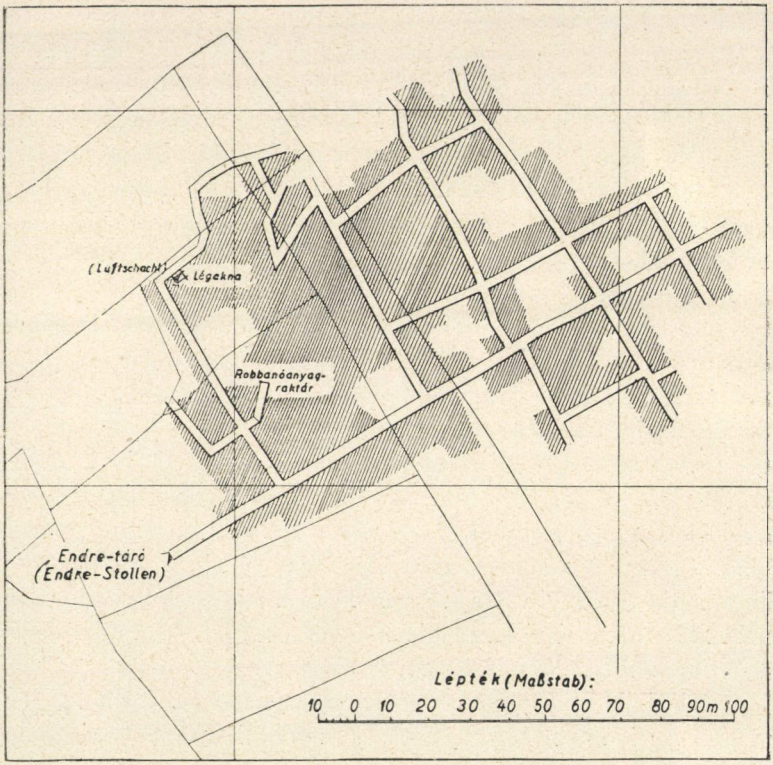
A fedő kissé porhanyósabb szarmata mészkő.

Fejtéskor vékony «*bőrkét*» hagynak vissza a fullerföldből, nehogy a fedőmész a fullerföld-fejtményhez keveredjék.

A fullerföld-telep csekély lejtősödésű és így a telepet tároszerűen kislejtésű, ereszkeszerű lejtősaknával nyitották fel. A fejtésre való előkészítést Ajtai Zoltán bányafőmérnök úr a szintes vékonytelepeknél szokásos módszer szerint tervezte meg. A feltárás és a fejtés menetét — úgy, amint azt Ajtai főmérnök úr szíveske-

dett velem megismertetni — az 1. és 2. sz. rajz segítségével röviden a következőkben foglalom össze:

A *főszállító* vágatot 1·2 m szélességben és 1·7 m magassággal hajtják ki oly módon, hogy annak az alsó, 1—1·2 m vastag részét a fekvőt alkotó szarmata mészkőbe vájják be. A főszállítóvágatból



Budapest, 1935. december. 1. ábra. *Ajtai Z. okl. bm.*

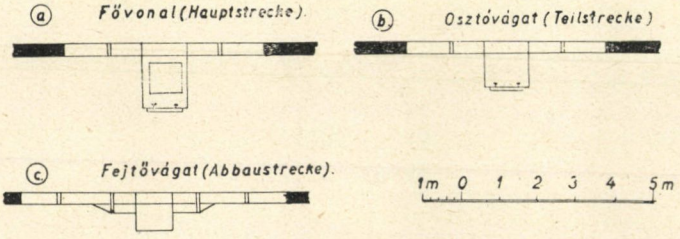
kifejtett meddő anyagot a kétoldalt 2—2 m szélességben kitermelt fullerföld helyére rakják be tömedékként.

A főszállítóvágatból kiinduló *osztó*-vágatokat 20—20 m távolságban hajtják ki 1·2×1·2 m szelvénnyel. A vékony fullerföld-telephez a fekvő felé itt is kiszedik a szarmata mészkövet és azt ugyancsak a fejtési üregek tömedékelésére használják fel.

Az osztóvágatok a fejtési határ előtt 3 m-rel előbb vagy a fejtési határon állnak meg.

Az osztóvágatokból 6—6 m távolságban vájják ki a *fejtő*közléket, amelyeket 7—7 m hosszban hajtanak ki s a fullerföldet befelé haladva, baloldalon 3 m szélességben fejtik ki, míg a jobboldalt visszafelé jövet termelik ki. A vájár ülve, az elvékonyodott teleprészeknél fekve végzi a fejtés munkáját, ügyelve arra, hogy a fedőmész ne potyogjon a fejtménybe. Az osztóvágatok végét is kibélelik, hogy a fekvő mészkő hozzákeveredését elkerülhessék.

A fejtő közle szelvénye olyan nagy, hogy a talicska elférjen benne.



2. ábra. *Ajtai Z. okl. bm.*

Az osztóvágatokból a fejtményt kézierővel tolják ki a főszállítóvágatig és onnan ló vontatja a külszínre.

A bányavágatokban a fekvő mészkőbe rést *fűrészelnek* és így segítik elő a robbantás hatékonyságát.

A bányavágatok nem kívánnak semmi különleges ácsolási módot. Előhajtás alkalmával tömedékelés előtt maximum 1·5 m távolságban támfákat helyeznek el. Hasonlóképpen biztosítják a fejtéseket is. Teljes, összefüggő ácsolásra alig van szükség.

A szellőztetés 0·7—0·8 m átmérőjű légaknácskákon, illetve 0·2 m átmérőjű fúrt lyukakon át megy végbe. A fedő ca 3 m vastag. A bányalevegő útját légajtók segítségével szabályozzák.

Megemlítem még, hogy a bányától északra az új balatoni út bevágásában a Diós-árok végén mindkét oldalt feltárták a fullerföldet s a keleti bevágásban ca 60 cm vastag a telep. A Magyar Bányamívelő fullerföldje igen nagy kiterjedésű.

A szarmata mészkőüledékek felső részében egyébként Téténytől távolabb másutt is előfordul a fullerföld, de többnyire csak arasznyi vastagságban.

Sóskút község szélén MARCZINKOVICS ISTVÁN kőfejtő a saját háza udvarán viszonylag nagyobb vastagságban tárta fel a fullerföldet, ott azonban meddő részek iktatódnak közbe. E helyen egyébként a következő a rétegsor:

Fedő:	5·00 m	vastag	szarmata márga. (*Tapes gregaria* kőmagvak.)
Fullerföldes telep	0·12 «	«	*fullerföld,*
	0·10 «	«	márga,
	0·20 «	«	*fullerföld,*
	0·10 «	«	márga,
	0·23 «	«	*fullerföld,*
Fekvő:	több «	«	szarmatamárga (*Tapes gregaria*-kőmagokkal).

Ennek a márgával váltakozó fullerföldnek a kitermelésére nem akadt vállalkozó.

ZSIGMONDY VILMOS 1878-ban a budapesti városligeti ártézi kútból kikerült kőzetanyagok között középmiocénkorú «sárga és zöld zsíros agyag»-ot is említett (10). FÖLDVÁRI ALADÁR 1932-ben a második ártézikútfúrás előfúrásaiban a helvetien és a tortonien között két rétegben lelt zöldes, kővelőszerű tufás agyagot (11) s 1936-ban újra megemlítette ezt a zöldes csapó (kalló) földet, amelyben biotitszemecskék fordulnak elő. Földvári vizsgálatai szerint ezeknél az allophanszerű agyagoknál a nátriumoxalát a többi stabilizátor hatását messze felülmúló dispersitast biztosít (12).

A tétényi fullerföld *vegyi* összetételét a fontosabb külföldi fullerföldek és egy magmakőzet, mint anyakőzet vegyi alkatrészeivel összehasonlítva, a következő *táblázat* állítja elénk :

Fullerföld	Amerika	Anglia	Németország	Ausztria	*Nagytétény*	Diorit
H_2O ...	4·30—15·00	4·89—24·95	7·22—22·92	27·89	9·75—10·10	0·00— 1·16
SiO_2 ...	55·05—68·23	44·00—60·90	48·56—50·60	51·21	56·90—58·65	50·45—66·91
Al_2O_3 ...	5·00—23·23	10·00—23·06	12·76—22·36	12·75	17·22—22·70	15·20—18·90
Fe_2O_3 ...	0·26—12·00	0·00— 2·00	7·64—12·65	2·07	3·30— 6·68	2·84— 7·73
CaO ...	0·33— 6·48	0·50— 5·00	0·00— 1·94	2·13	2·90— 2·93	3·73— 9·00
MgO ...	0·43— 4·36	1·25— 3·71	0·00— 5·24	4·89	2·50— 4·77	2·35— 5·41
Alkáliák	0·00— 1·83	0·00— 5·00	0·00— 5·10	—	nyomok	4·19— 4·97

Minthogy a fullerföldnek vegyi összetétele igen változó, jelzésükre termőhelyenként más-más elnevezést használnak, ilyenek például az amerikai *Floridin* XX. F., a *Bentonit*, a németországi *Frankonit*, *Silitonit A*, a lengyelországi *Polonit*, ezekhez csatolhatjuk a tétényi *Hungarit*ot.

A *vegyi* elemzés azonban nem nyujt kielégítő tájékoztatást a fullerföld *használhatóságára* nézve, azt a nyers kőolajnak a felaprózott fullerföldön való átszűrésével lehet csak felismerni. A fullerföld értékes sajátságai *gél*-szerű szerkezetével függnek össze.

Minél tisztább a fullerföld, annál erősebb az adszorbeáló : színtelenítő, *derítő* képessége. Angliában, ahol először termeltek nagyban fullerföldet, az átlag 4 m vastag telepben *kék*- és *sárga*színű fullerföld van és minthogy ott is a *sárga fullerföld a jobb*, azt kézzel válogatják ki. A nem tiszta fullerföldet Angliában előkészítésnek vetik alá és úgy segítik elő felszívó : adszorbeálóképességét. A tisztátalan fullerföldnek ez az előkészítése Angliában a világháború előtt a következőképpen történt: A fullerföldet először nedves előkészítésnek vetik alá: iszapolják. A zagyot szitán átszűrik, forgó dobban meleg levegővel megszárítják, ügyelve arra, hogy a «kötött» vizet el ne távolítsák, mivel különben a fullerföld adszorbeáló hatása csökken. A szárított anyagot azután megőrlik, de nem túlságosan fínomra. Majd különböző sűrűségű szitaszöveten ejtve át, osztályozzák. A legértékesebb a fullerföldnek az a része, amely cm^2-ként 15—30 és 30—50 likacsú szitán esik át. Az eltérő szemnagyságú anyag elkülönítésére légszéreket is használnak (13).

Az olaj derítésekor általában annyi százalék olaj megy ve-

szendőbe, ahány százalék fullerföldet vesznek igénybe; ha az olajveszteség túlhaladja a megengedhető határt: a nyers derítőföldet *aktiválni* kell. A derítőföld aktiválásánál a *sósav* játssza a főszerepet.

A világháború előtt Németország monopóliumszerűen űzte a fullerföld aktiválását, s már 1909-ben 1000 tonna aktivált «Bleicherdet» adott el. (14) Európa más országaiban csak az utolsó években kezdtek építeni aktiváló gyárakat. Így először *Ausztriában*, de eleinte ott is bajor nyersanyagot aktiváltak, csak újabban dolgozzák fel részint az Ausztriában lelt, részint a magyarországi nagytétényi fullerföldet. Mintegy három évvel ezelőtt *Romániában* is találtak aktiválható anyagot és Nagybányán (Baia Mare) a Phönix-gyár elsőrangú «színtelenítő földet» állít elő. *Lengyelországban* (Kattowitzban) és *Csehszlovákiában* (Pozsonyban: Bratislavában) a mult évben állítottak fel fullerföld-aktiváló gyárat. *A tétényi fullerföldbánya mind a két gyárnak szállít nyersanyagot.*

Ma már az aktivált színtelenítő, derítőföldek egész sorozatát állítják elő, ilyenek: a *Terrana*-sorták: Terrana A Superior, Terrana Speciel, Terrana Extra, Terrana Optimum, továbbá a *Frankonit*-sorták: Frankonit H., Frankonit KL., Frankonit F., valamint az amerikai *Filtrol* Supra. Ilyen aktivált színtelenítő, derítőföld a romániai *Sondafin*, amelyet a nyers petroleum finomítására használnak, valamint a *Vegetalin*-sorták: Vegetalin-Supra, Vegetalin N., amelyek — állítólag — különösen a szerves olajok színtelenítésére alkalmazhatók előnyösen. (15)

Ezekhez járul újabban a *nagytétényi* fullerföld aktiválása révén a lengyel S. A. G. által gyártott *Silitonit* és a pozsonyi Dynamit Nobel által előállított *Bleicherde NZ.*

Nemsokára forgalomba kerülhet a *magyar* aktivált fullerföld is, minthogy — amint azt a Bányászati és Kohászati Lapok f. é. 15. számában olvashatjuk — *Terrachémia* vegyészeti gyár rt. néven új vállalat alakult, amely a Magyar Bányamívelő R. T. nagytétényi bányatelepén fejtett fullerföldet itthon, éspedig ugyancsak Nagytétényben fogja *aktiválni* és így a hazai növény- és ásványolaj feldolgozó gyárakat teljesen függetlenítheti a külföldtől.

A fullerföld *ára* a felszívó, az adszorbeálóképességtől függ.

A világháború előtt (1913. évben) Amerikában a bányánál short tonnánként 9·58 $-t fizettek. A floridai fuller's earth ára ugyanakkor európai kikötőkben tonnánként 80—100 Mk-ba került. Az angol fullerföldért loco bánya 24—26 Mk-t adtak. A német Walkerde ugyanakkor tonnánként 60—75 Mk értékű volt.

A világháború éveiben és azt követőleg a fullerföld ára rohamosan emelkedett. Az Északamerikai Egyesült Államokban pl. a fullerföld ára 1920-ban short tonnánként 19·51 dollárra emelkedett, de azután évről évre csökkent és 1931. évben 10·59 dollárra szállt le (16).

Jelenleg a romániai nagybányai (baiamarei) Phönix-gyár által szállított «színtelenítő föld» ára tonnánként 950 lei.

A csonkamagyarországi (nagytétényi) *nyers* fullerföldért 1935. évben tonnánként 21 pengőt fizettek. A külföldről behozott *aktivált* derítőföld ára 10—15-ször nagyobb. Így az Ausztriából importált aktivált derítőföldért 1934. évben tonnánként 287·5, 1935. évben 307·2 pengőt fizettünk. A Németországból származó aktivált derítőföld ára 1934. évben tonnánként 206·1 és 1935. évben 222·1 pengő volt.

Indokolt tehát, hogy a tétényi fullerföldet itthon aktiváljuk, hazánk fullerföldszükséglete évente, a vett értesülés szerint, 800—1000 tonna.

A fullerföldet régen mint *kalló-*, *csapó-*, *ványoló*-földet az állati szőr, gyapjú, illetve a posztó, a szövetek zsír- és olajtartalmának az eltávolítására használták, hogy így a posztókat, a szöveteket az avasodással járó kellemetlen szagtól mentesítsék. Ma már ezt a célt más módszerekkel jobban érik el.

A fullerföldet jelenleg főleg a zsírok, az olajok bázikus festékanyagainak a felszívatására, vagyis derítésére, színtelenítésére használják. Az *ásvány*olajokat úgy tisztítják, hogy a nyers petroleumot fullerfölddel megtöltött hengereken hagyják átfolyni. Az áthaladó kőolaj egy ideig hígan és víztisztán csurog át, később egyre sűrűbb és sötétebb színű, úgyhogy a kőolajnak ezt a részét újból át kell engedni a derítőföldön, amíg a kívánt színt el nem érjük.

A *szerves* olajat és zsírt előbb ca. 100°-ra fel kell melegíteni és apródonként adagolni.

Ha a fullerföld festékanyaggal telik meg, vízgőzzel vagy gyenge hevítéssel regenerálják.

A derítőföldek nem egyformán alkalmasak a *szervetlen* (ásványi) és a *szerves* (állati és növényi) zsírok és olajok tisztítására, színtelenítésére, derítésére. Az amerikai fullerföldek általában az *ásvány*olajok derítésére alkalmasak, míg az angol fullerföldeket a *szerves* olajok és zsírok színtelenítésére használják. Az Északamerikai Egyesült államokban 1930-ban a termelt 335,644 short tons fuller's earth 97·1%-át ásványolaj derítésére használták fel. (16)

Indiában *zöld, sárga* és *fehér* fullerföld fordul elő. A vaduri világoszöld fullerföldet: a *sabz-mitti*-t a szőr és a bőr tisztítására használják, a *sárga mitti* vagy *bhakri* a szövetek tisztítására szolgál; Bikanir és Jesalmir *fehér* mittije: a *khajru* ehető föld.

A fullerföldek földtani megfigyelések szerint amfibol-piroxén-, biotittartalmú kovasavas magma-kőzetek: gabbro, bazalt, diorit, dacit, andezit átalakulási termékei. Szászország Walkerdeje intruziós bázikus magmakőzet: *gabbro* átalakulásából keletkezett. Németországban a Westerwaldban, Északamerikában Arkanzasban extruziós *bazalt*, illetve bazaltszerű magmakőzet alakult át fullerfölddé. Arkanzasban a bazalt-dajkokból a felszíntől a mélység felé ca. 70 m mélységig keletkezett fullerföld. Hazánkban Tétény—Sóskút vidékén *dacittufa*, a Börzsönyi- és Cserháthegységben *andezittufa* átalakulásából keletkezett derítőföld. Ismeretes azonban a fullerföld *üledékes* kőzetek között is *integráló*-telepekben, így pl. Angliában *jura—kréta*-korú, Amerikában *tercier*-korú üledékes kőzetrétegek között fordul elő fullerföld. Csonkamagyarországon a *felsőoligocén* a középső és a felső miocén üledékei között van ilyen integráló telepben fellépő fullerföld.

A régi ásványtani irodalom sok termőhelyről említi a Walkerdét.

Megemlítem még, hogy a fullerföldekhez, a természetes aluminiumhidroszilikatumokhoz hasonló szerepet játszanak más «*gel*»-ek, mint például az *aktivus kovasav:* az amerikaiak «*Silicagel*»-je, továbbá a geles kőszenek: az *aktivus szenek*, pl. a francia «*Acticarbone*», a csehszlovák «*Carboraffin* CH/I», a lengyel «*Horodenka*» (17).

Irodalom.

1. *Bányászati és Kohászati Lapok* LXIX. évf. 2. sz. Budapest, 1936. p. 45.

2. Dr. Szabó József: Budapest geológiai tekintetben. Budapest, 1879. p. 50.

3. Dr. Szabó József: Geológia. Budapest, 1883. p. 451.

4. Halaváts Gyula: Magyarázatok a M. Korona Országainak részletes földtani térképéhez. *Budapest* és *Tétény vidéke* 16. zóna. XX. rovat-jelű laphoz (1 : 75,000). Budapest, 1902.

5. Halaváts Gyula: A neogénkorú üledékek Budapest környékén. A m. kir. Földtani Intézet Évkönyve. XVII. k. 2. füzet, p. 283. Budapest, 1910.

6. Dr. Schafarzik Ferenc: Geológiai kirándulás Kistétényre, a Kamara-erdőbe és a Pacsirtahegyre, a Budai hegységtől délre. Műegyetemi Kirándulási Jegyzetek, p. 3, 4.

7. Schafarzik Ferenc dr.: Újabb ásvány-lelőhelyek Budapest környékén. Földtani Közlöny. Budapest, 1914. p. 88.

8. Vendl Miklós dr.: Biotitos dacittufa Kistétényről. Földtani Közlöny. L. k. Budapest, 1920, p. 34.

9. Schafarzik Ferenc dr.: — Vendl Aladár dr.: Geológiai kirándulások Budapest környékén. Budapest, 1929. p. 72.

10. Zsigmondy Vilmos: A városligeti artézi kút. Budapest. 1878.

11. Földvári Aladár: A tervezett újabb városligeti artézi kút előkészítő fúrásai. Földtani Közlöny. LXII. k. Budapest, 1933. p. 65.

12. Földvári Aladár: Agyagok iszapolása ammonuimhidroxid-, nátriumoxalát- és nátriummetaszilikát-oldatban. Mat. és Term. Értesítő LIV. k. Budapest. 1936. p. 221.

13. Dr. Bruno Dammer und dr. Oscar Tietze: Die nutzbaren Mineralien. Stuttgart, 1914. II. Bd., p. 425.

14. Eckart und Wirzmüller: Die Bleicherde. 2. Aufl. Braunschweig 1929. p. 10.

15. L. E. Erdheim cikkeit a *Petroleum.* XXXII. Bd. Nr. 19. és 40.

16. *Mineral Resources of the United States* 1931. Part. II. Washington, 1933. p. 73. (l. itt a fullerföld részletes irodalmi jegyzéket).

17. Ost-Rassow: Lehrbuch der chemischen Technologie. 19. Aufl. Leipzig. 1936. p. 111. és 127.

(A M. T. Akadémia III. osztályának 1936. nov. 23-án tartott üléséből.)

FULLER-(WALK)ERDE-BERGBAU IN RUMPFUNGARN.

Von ISTVÁN VITÁLIS Korr. Mitglied.

Vorliegende Abhandlung erscheint in den Mitteilungen der berg- und hüttenmännischen Abteilung an der Kgl. ung. Palatin Josef-Universität für technische und Wirtschafts-Wissenschaften. Bd. VIII. 1936.

(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften vom 23. Nov. 1936.)

KRISTÁLYTANI VIZSGÁLATOK MAGYARORSZÁGI KVARCOKON.

TOKODY LÁSZLÓ-tól.

A kvarc egyike azoknak az ásványoknak, melynél a külső morfológiai (formakifejlődési) sajátságok a belső morfológiai (szerkezeti) viszonyokat a legtökéletesebben kifejezésre juttatják.[1] Az $m\{10\bar{1}0\}$, $r\{10\bar{1}1\}$ és $z\{01\bar{1}1\}$ főnövekedési formákon megjelenő növekedési vicinális piramisok szintén annyira visszatükrözik az atomelrendeződést, hogy már egyedül az *mrz* formák vicinális piramisainak tanulmányozása alapján a jobb- és balkvarcok megkülönböztethetők, a párhuzamos főtengelyü ikertörvények meghatározhatók és a keletkezési körülmények eldönthetők.

A magyarországi kvarckristályokon az *mrz* főnövekedési alakok a legtöbbször igen tökéletes kifejlődésben jelennek meg s rajtuk növekedési vicinális piramisok figyelhetők meg. Az alábbiakban öt lelőhely (Felsőbánya, Kisbánya, Toplica, Velencei-hegység, Luciabánya) kvarckristályain észlelt növekedési alakokat és azok vizsgálata alapján az egymástól elkülöníthető jobb- és balkvarcokat, az ikerképződést és a minerogenetikai következtetéseket ismertetem.

*

A tanulmányozott anyag nagyobb részét: Felsőbánya, Toplica és Luciabánya kvarckristályait dr. ZIMÁNYI KÁROLY, a Magyar Nemzeti Múzeum igazgatója gyüjtötte és volt szíves vizsgálat

[1] P. NIGGLI: Beziehungen zwischen Struktur und äusserer Morphologie am Quarz. Zeitschr. f. Krist. **63**. 1926, p. 295—311.

céljaira átengedni. Kedves kötelességet teljesítek, amikor ezért ZIMÁNYI KÁROLY igazgató úrnak e helyen is kifejezem hálás köszönetemet.

Dr. KOCH SÁNDOR tud. egyet. m. tanár úr egy felsőbányai, KERTAI GYÖRGY okl. középisk. tanár úr pedig egy kisbányai kvarcstufa szíves átengedésével mozdították elő vizsgálataimat. Nevezettek fogadják őszinte köszönetemet.

Felsőbányai kvarc.

1.

Felsőbánya (Szatmár vm.) érctelérein a kvarc igen gyakori ásvány. Kristálytani sajátságairól semmi részletesebb adatunk nincs.[1]

---

[1] Felsőbánya ásványait tárgyaló munkák közül majdnem mindegyik megemlékezik a kvarcról. Néhány irodalmi adatot az alábbiakban közlök.

E. de BORN: Catalogue métodique et raisonné de la collection des fossiles de Mlle E. de RAAB. Vienne, 1790., p. 196.

C. A., ZIPSER: Versuch eines topographisch-mineralogischen Handbuches von Ungarn. Oedenburg, 1817., p. 82.

J., JONAS: Ungarns Mineralreich. Pesth, 1820., p. 196.

A., KENNGOTT: Über die Einschlüsse von Mineralien im krystallisierten Quarz. Sitzb. d. Wiener Akad. 1852. 9. p. 412.

V. v., ZEPHAROVICH: Min. Lexicon. Wien, I. 1859., p. 367, II. 1873., p. 267.

B. v., COTTA-E. FELLENBERG: Die Erzlagerstätten Ungarns und Siebenbürgens. Freiburg, 1862., p. 149.

G. vom, RATH: Bericht über eine geol. Reise nach Ungarn im Herbst 1876. Bonn. 1877., p. 37, 38, 39, 40.

TÓTH M.: Magyarország ásványai. Budapest, 1882., p. 254, 258, 260, 263, 270, 275.

SZELLEMY G.: Nagybányának és vidékének fémbányászata. Nagybánya, 1894., p. 97.

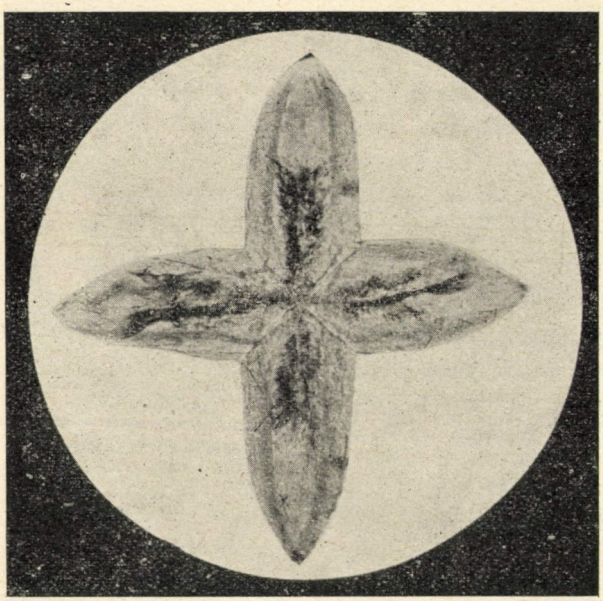
SZELLEMY G.: Vyhorlat-Gutin trachithegység érctelepei. Budapest, 1896., p. 28.

C., HINTZE: Handbuch d. Mineralogie. I. Bd. 2. Abt. Leipzig, 1915., p. 1377.

2.

E lelőhelyről két különböző kifejlődésű kvarckristályt vizsgáltam. Az egyik apró kristálykákban fordult elő plumozitra nőve, a másik nagy kristályokban jelent meg.

Az apró kristályok mérete: 1—1·5 mm. Színük szürkésfehér. Át nem látszók; erős fénytörésű folyadékba ágyazva áttetszők.



A felsőbányai kvarc $\xi : \{11\bar{2}2\}$ szerinti ikerkristálya (50 ×).

A kristályok mindkét vége szabadon kifejlett. A kristályalakok közül határozottan csak az $m\{10\bar{1}0\}$ állapítható meg. A tetőző lapok legömbölyödtek, valószínűleg az $r\{10\bar{1}1\}$ és $z\{01\bar{1}1\}$ formákhoz tartoznak. Egyszerű kristályok rendkívül ritkák. Legnagyobb részük iker. Az ikerkristályok a japáni ikertörvény $\xi : \{11\bar{2}2\}$ szerint alakult penetrációs ikrek.[1] A kristályok érdekességét két körülmény rendkivüli módon növeli:

[1] A kvarc nem párhuzamos főtengelyű ikertörvényeinek összefoglaló ismertetését, az ikertörvények meghatározását és kritikai tárgya-

a) A japáni törvény szerint alakult kvarcikerkristályok általában az egyik $m(10\bar{1}0)$ lap szerint táblás kifejlődésűek, szívalakúak. Ezzel szemben a felsőbányai kristályok a melléktengelyek irányában azonos méretűek.

b) A japáni ikertörvény szerint alakult penetrációs ikrek a legnagyobb ritkaságok közé tartoznak. Ezeken is a szívalakot utánzó kifejlődés ismerhető fel, mikor is a két egyén romboederlapjai érintik vagy majdnem érintik egymást. A felsőbányai kvarc japáni ikerkristályai nem mutatják ezt a szokásos szívalakot, mert a romboederlapok között jól fejlett prizmalapok alakultak ki, miként ezt a kristályokat nagyítottan feltüntető mikrofotográfián láthatjuk.

A kristályok goniométeres mérésre alkalmatlanok. A prizmalapok ugyanis érdesek, a romboéderlapok ezenkívül legömbölyödöttek is.

Az ikerképződés törvénye mikroszkóppal végzett mérésekkel kétségtelenül eldönthető. A főtengelyek által bezárt szög $c:c=84°27'$ (23 mérés középértéke), számítva 84°33'. Az alapállású és az ikerhelyzetben levő egyén $(10\bar{1}0)$ lapjai egy síkban feküsznek. Ezek szerint a kristályok kétségtelenül japáni ikrek.

3.

Koch Sándor tud. egyet. m. tanár úr volt szíves egy felsőbányai kvarc-stufát rendelkezésemre bocsátani, amelyen úgy látszott, hogy nem párhuzamos főtengelyű kvarcikerkristályok vannak. A kristályok átlagosan 10 mm nagyok. Víztiszták vagy szürkés, olykor kissé tejfehér színűek. Kombinációjuk rendkívül egyszerű; számos kristály átvizsgálásakor sem sikerült az $m\{10\bar{1}0\}$, $r\{10\bar{1}1\}$ és $z\{01\bar{1}1\}$ formákon kívül mást megállapítani. Az $m\{10\bar{1}0\}$ felülete egyenetlen s rajta az $r\{10\bar{1}1\}$ illetve $z\{01\bar{1}1\}$ többszörösen ismétlődött. Az $r\{10\bar{1}1\}$ és $z\{01\bar{1}1\}$ többnyire egyenlő nagy.

A tanulmányozott kristályok között több olyan fordult elő, mely a nem párhuzamos főtengelyű kvarc-ikertörvények egyike

---

lását — az irodalmi adatok tekintetbevételével és saját vizsgálatai alapján — részletesen ismerteti F. Zyndel: Quarzzwillinge mit nichtparallelen Hauptaxen. Zeitschr. f. Krist. **53.** 1914., p. 15—52.

szerint alakult ikerkristálynak látszott. Több kristályon eszközölt goniométeres mérés alapján azonban bebizonyult, hogy az eddig ismeretes ikertörvények egyikét sem követik. Egyetlenegy kristály közelítette csak meg a japáni ikertörvényt, de ennél viszont az m $(10\bar{1}0)$ és $m\{10\bar{1}0\}$ nem volt tökéletesen párhuzamos. Általában véve a kristályok a japáni illetve rechenstein-grieserntali ikertörvény szerint látszottak összenőve lenni, a szögadatok közelítőleg erre a két törvényre utaltak, de az ikerállású egyén a főtengelye körül kis szöggel (2°—5°) elfordult, így az m $(10\bar{1}0)$ és $m\{10\bar{1}0\}$ nem lehettek párhuzamosak. Ezek szerint az ikerlap valamely $\{h\,h\,\bar{2}hl\}$ illetve $\{hk\bar{i}l\}$ forma egyik lapja lenne. Tekintettel azonban arra, hogy e formák az $r\{10\bar{1}1\}$ vagy a $\xi : (11\bar{2}2)$ illetve $\{hk\bar{i}l\}$ vicinális alakjának felelnének meg, a rájuk mint ikerlapra vonatkoztatott ikertörvénnyel a kvarc ikertörvényeit csak egy bizonytalannal szaporítanánk. Ezek szerint e kristályok nem követik a kvarc nem párhuzamos c-tengelyű ikerkristályain megállapított 16 ikertörvény[1] egyikét sem s így egyszerűen összenövéseknek kell őket minősítenünk.

C. HINTZE a kvarc ikertörvényeinek tárgyalásánál[2] a nem párhuzamos főtengelyű ikerkristályok közül csakis a japáni ikreket fogadja el, míg a többi ilyetén alakult kristályokat inkább összenövéseknek tartja.[3] Általában véve, minden ásványnál van alkalmunk ikerkristályoknak tetsző összenövéseket megfigyelni s azokat mint ikerkristályokat is értelmezni. Erre nézve kitűnő példa a piriten G. SMOLAŘTÓL megállapított 48 ikertörvény.[4] Az ilyen ikertörvények értéke igen kétséges, miként erre már más helyütt rámutattam.[5] Ezért nem is számítottam a fentebb ismertetett kristályokra sem újabb ikertörvényt, hanem azokat mint egyszerű összenövéseket tekintem.

---

[1] F., ZYNDEL: Über Quarzzwillinge mit nichtparallelen Hauptaxen. Zeitschr. f. Krist. **53.** 1914., p. 15—52.

[2] C., HINTZE: Handbuch d. Mineralogie. I. Bd. 2. Abt. Leipzig, 1915., p. 1270.

[3] U. o., p. 1334—1336.

[4] G., SMOLAŘ: Die Pyritzwillinge. Zeitschr. f. Krist. **52.** 1913., p 461—500.

[5] TOKODY L.-ZIMÁNYI K.: A pirit morfológiája. Math. és Természettud. Értesítő. **48.** 1931., p. 791—792. és Pyritformen- und fundorte. Zeitschr. f. Krist. **80.** 1931., p. 265—266.

4.

Magyarországi kvarc-előfordulások között a japáni ikertörvény, $\xi:\{11\bar{2}2\}$ szerint képződött fennőtt ikerkristályok rendkivül ritkák. Mindössze két lelőhelyről ismeretesek. Ezek: Dognácska (Krassó-Szörény vm.) és Désakna (Szolnok-Doboka vm.). A dognácskai kvarc-ikreket R. KOECHLIN ismertette.[1] A kvarc kristályos mészkőben kalcit kiséretében fordult elő. Az érdeslapú 1·5 cm nagy kristályok szívalakú íkreket alkottak. Az ikertörvény bizonyítására R. KOECHLIN szögadatokat nem közölt.

Désaknán a víztiszta, 0·10—0·75 mm nagy kvarckristályok között fordult elő egy, melyet — fenntartással ugyan, de igen nagy valószínűséggel — japáni ikernek lehetett minősíteni. Az ikertörvényt azonban több le nem küzdhető akadály miatt mérésekkel megerősíteni nem sikerült.[2]

Bennőtt porfirkvarcokat BALOGH E. vizsgált.[3] Közöttük több előfordulásról említ japáni ikerkristályokat. Az erősen korrodált kristályok ikertörvényének megállapítása részben goniométeres méréssel, részben pedig vékony csiszolatban mikroszkóp segélyével történt. A goniométeres méréssel meghatározott japáni ikertörvény szerint képződött kristályok lelőhelyei: Verespatak, Zalatna, Kénesd, Porkura, Csertés, Naszódszentgyörgy (Radnai havas), Csicsóhegy (Déstől ÉK-re), Sárospatak, Székesfehérvár. Vékonycsiszolatokban talált japáni ikertörvény szerint alakult kristályok lelőhelyei: Kisbánya,[4] Csertés, Füzes, Galbina balpartja (Keskului betorkolása felett, Bihar hegység), Bulc torkolata (Bihar hegység), Petrosz, Mikó havas, Nimoeasa Ny-i lejtője, Corinbu (Vlegyásza), Remec (Bihar hegység), Szekatura (Csucsától D-re), Naszódszentgyörgy, Ilvavölgy (Radnai havasok).

A japáni ikertörvény szerint alakult kvarcikreken kívül a magyarországi kvarcokon reichenstein-grieserntali és zinnwaldi törvény szerint képződött ikerkristályokat is megfigyelt. A japáni ikertörvény szerinti kvarc-ikerkristályok — a fenti felsorolásból kitűnőleg — meglehetősen elterjedtek lennének. Tekintve azonban, hogy a tanulmányozott kristá-

---

[1] R., KOECHLIN: Quarzzwillinge von Dognácska. Tschermak's min.-petr. Mitt. 23. 1904., p. 94.

[2] TOKODY L.: Désakna néhány ásványáról Math. és Természettud. Értesítő. 48. 1931., p. 776—778.

[3] BALOGH E.: Nem-egyközös tengelyű quarzikrek Verespatakról. Múzeumi füzetek. II. 1913., p. 2—14.

BALOGH E.: Nem-egyközös tengelyű ikrek általános előfordulása a porphyrquarcok között. Múzeumi füzetek. 2. 1914., p. 145—200.

[4] BALOGH E. a torda-aranyosmegyei és nem a szatmármegyei Kisbánya kvarckristályait vizsgálta.

lyok részben erősen mart felületűek voltak, részben pedig az ikertörvény megállapítása csak vékonycsiszolatban történt, feltehető, hogy a fenti lelőhelyek nem mindegyikén lesz lehetséges az említett ikertörvény szerint alakult kvarc-ikerkristályokat újólag kimutatni. A kvarc számos ikertörvénye, melyeknél a $c : \underline{c}$ szögérték olykor csak néhány foknyi, sőt egyes esetekben csak néhány percnyi különbséget mutat, csakis kiválóan jó anyagon dönthető el teljes biztonsággal, de vékonycsiszolatban kétségtelenül meg nem határozható. Utóbbi esetre már BALOGH E. utalt, mikor egyes ikerkristályai a szardiniai és disentisi, továbbá az $\mathfrak{A}$ ikertörvénynek megfelelően látszottak kiképződve.

5.

G. KALB több közleményben ismertette azokat a növekedési jelenségeket, melyek egyes ásványokon abban nyilvánulnak meg, hogy a főformákon vicinális lapok jelennek meg és jellegzetes vicinális piramisokat alkotnak. Fontosak ezek a növekedési jelenségek értelmezésénél, figyelemre méltók morfológiai szempontból és jelentősek minerogenetikai vonatkozásaikban. E vicinális növevedési piramisokat G. KALB a kvarcon is tanulmányozta. Rájuk konatkozólag általános jellegű törvényszerűségeket állapított meg. A különálló, majd sorozatos közleményeiben leírt megfigyeléseinek főeredményei a részletek mellőzésével a következőkben foglalhatók össze.[1]

A kvarc $m\{10\bar{1}0\}$, $r\{10\bar{1}1\}$, $z\{01\bar{1}1\}$ főnövekedési formáin a növekedés alkalmával vicinális alakok léphetnek fel, melyek esetleg a

---

[1] G., KALB: Die morphologische Bedeutung der Vizinalfiguren des Quarzes. Centralbl. f. Min. Abt. A. 1927., p. 279—283.

G., KALB-W., WITTEBORG: Die Vizinalfiguren der Rhomboederflächen des β-Quarzes. Neues Jahrb. f. Min. Beil. Bd. 56. Abt. A. 1927., p. 334—341.

G., KALB: Die morphologische Bedeutung der dreiseitigen Vizinalpyramiden auf dreieckigen Grundflächen. Zeitschr. f. Krist. **70.** 1930., p. 206—207.

G., KALB: Über Kombinationsstreifung und Kombinationsriefung der Kristalle. Zeitschr. f. Krist. **78.** 1931., p. 46—51.

G., KALB: Über Vizinalflächen und Vizinalkanten der Kristalle. Zeitschr. f. Krist. **81.** 1932., p. 333—341.

G., KALB: Beiträge zur Kristallmorphologie des Quarzes. Zeitschr. f. Krist. (A.) **86.** 1933., p. 439—452., Zeitschr. f. Krist. (A.) **86.** 1933., p. 453—465., Zeitschr. f. Krist. (A.) **90.** 1935., p. 163—165.

főformát helyettesítik. A pozitív és negatív romboederlapokon három vicinális lap jelenhet meg és ezek háromoldalú vicinális piramisokat alkotnak. A vicinális lapok metszési élei közül legfontosabb a romboederlap trigonális csúcsa felé irányuló főél. A főél, térbeli helyzetét megállapítva, módunkban van a mellékélek tekintetbevételével a pozitív és negatív romboederlapokat, továbbá a jobb- és balkvarcokat egymástól megkülönböztetni, valamint a dauphinéei és brazíliai ikerkristályokat meghatározni. A főélhez csatlakozó két él különböző kifejlődése, valamint egymással bezárt szögük alapján két minerogenetikai főcsoport állapítható meg: I. vicinális típus és II. vicinális típus; ezek közül minerogenetikailag az I. vicinális típus az idősebb. Az $s\{11\bar{2}1\}$ és $x\{51\bar{6}1\}$ formák fellépése az I. típus kristályain gyakoribb. Az $m\{10\bar{1}0\}$ lapjain négyoldalú vicinális növekedési piramisok jelenhetnek meg. Kifejlődésük a romboederlapok vicinális piramisainak kifejlődésével összhangban van. E növekedési jelenségeket a schweizi kvarcokon — G. KALB megfigyeléseit megerősítve — R. L. PARKER tanulmányozta.[1]

6.

A felsőbányai kvarckristályokon a vicinális növekedési piramisok kitűnően tanulmányozhatók. A megvizsgált 11 kristályon csak a három főforma : $m\{10\bar{1}0\}$, $r\{10\bar{1}1\}$ és $z\{01\bar{1}1\}$ szerepelt. Az $s\{11\bar{2}1\}$ és $x\{51\bar{6}1\}$ egy kristályon sem fejlődött ki.

Az $m\{10\bar{1}0\}$ lapjai egyenetlenek és az $r\{10\bar{1}1\}$ és $z\{01\bar{1}1\}$ ismétlődése következtében zavartak. Rajtuk növekedési alakok tisztán a legritkább esetben ismerhetők fel. A növekedési alakok az $[11\bar{2}0]$ irányában erősen megnyúlt aszimmetrikus négyoldalú piramisok abban a kifejlődésben, amely G. KALB szerint az $x\{11\bar{2}1\}$ és $x\{51\bar{6}1\}$ formák nélkül megjelenő kvarckristályokat jellemzik.

Az $r\{10\bar{1}1\}$ és $z\{01\bar{1}1\}$ a legtöbb kristályon nagyságban egyező. Rajtuk háromoldalú növekedési vicinális piramisok jelentek meg. A vicinális piramisok morfológiai sajátságai a következőleg jellemezhetők. A főélhez csatlakozó két alsó él egymással nagyon tompa szöget zár be. A főél nem mindenkor fordul határozottan jobbra vagy balra. Vetületben a negatív romboéderlapok vicinális piramisainak főéle a pozitiv romboéderlapok területére kerül. A mellékélek iránya azonban eldönti a hovatartozást. A felsőbányai kvarc

[1] R. L., PARKER: Einige Beobachtungen an Schweizerquarzen. Schweiz. min.-petr. Mitt. **10.** 1930., p. 358—362.

vicinális piramisainak lapjain gyakran figyelhető meg réteges felépítés, vicinális rostozás a vicinális lapok oscilláló kombinációjaként. A többnyire egyenlő nagy $r\{10\bar{1}1\}$ és $z\{01\bar{1}1\}$ lapjai egymástól jól megkülönböztethetők.

Az egyszerű kristályok részben jobb-, részben balkvarcok. A vizsgált 11 kristály között egyszerű kristály volt 5 és pedig 2 jobb- és 3 balkvarc.

Gyakoriak az ikerkristályok. Az ikerképződés két törvény: a braziliai és a dauphinéei szerint alakult. A két törvény egyszerre is megfigyelhető. A braziliai ikertörvényt követő kristályok a gyakoriabbak. Négy ikerkristály képződött e törvény szerint egy jobb- és egy balkvarc összenövése következtében. Az összenövési vonal szabályos lefutású. A dauphinéei ikertörvényt csak egy kristályon állapíthattam meg. Az ikerkristályt két jobbkvarc alkotta. Közöttük az összenövési vonal szabálytalan lefutású. Braziliai és egyidejűleg dauphinéei törvény szerint képződött ikerkristályt csak egyet volt alkalmam megfigyelni.

A megfigyelt növekedési alakok, vicinális piramisok kivétel nélkül az 575° alatt képződött β-kvarcra utalnak.

Minerogenetikai szempontból a felsőbányai kvarc a G. Kalb-féle II. vicinális típusba sorolandó. Ebbe a típusba hidrotermális eredetű kvarcok tartoznak. A felsőbányai kvarc hidrotermális úton keletkezett. A II. vicinális típusba való tartozást megerősíti a vicinális növekedési piramisok alaki kifejlődésén kívül az $s\{11\bar{2}1\}$ és $x\{51\bar{6}1\}$ formák hiánya.

7.

A kvarc vicinális piramisainak keletkezése a különböző növekedési irányokban különböző sebességgel végbemenő anyaglerakódással kapcsolatos. A folyamat valószínű lefolyása következőleg vázolható. A romboéder- (és prizma)- lapok kialakulása után a növekedés csökkent intenzitással tovább tartott a pozitív és negatív romboéderlapok normálisaitól kissé eltérő irányban. Az eltérítés okára határozott véleményt nem mondhatunk. Mindenesetre és elsősorban a szerkezetre kell gondolnunk. A romboéderlapokon három — a romboéderlap normálisától kissé eltérő — irány észlelhető, ezek egymással ill. a romboéderlapok nor-

málisaival kis szöget zárnak be. Ez irányokban a növekedési sebesség nagyobb, mint a romboéderlapok normálisainak irányában, ennek következtében vicinális piramisok jelennek meg. A vicinális piramisok lapjainak normálisai közötti térben a növekedési sebesség nagyobb : élek lépnek fel. Az éleknek morfológiailag és minerogenetikailag jellemző irányát a keletkezési hőmérséklet szabja meg. Ennek alapján állítható fel a kvarc két minerogenetikai típusa. A vicinális piramisok ugyanazon lapjai által bezárt szögek tág határok között ingadoznak. Az ingadozás a képződési hőmérséklet változásával kapcsolatos. A keletkezési hőmérséklet csökkenő irányú változása hozza létre az ugyanazon lelőhelyen két generációban megjelenő kvarckristályokat, amikor is az idősebb α-kvarcra a fiatalabb β-kvarc települ s mindkét változaton az őket jellemző vicinális piramisok alakulnak ki. Az 575° alatt keletkező β-kvarc vagy az 575° felett keletkező α-kvarc a különböző lelőhelyeken, a különböző keletkezési körülményeknek megfelelően, különböző 575° alatti vagy feletti hőmérsékleten képződik. Az egy és ugyanazon lelőhelyen az azonos generációhoz tartozó kvarcegyének is ingadozó hőmérsékleten jöhetnek létre. A kis hőmérsékleti különbségek a vicinális piramisok lapszögeinél kis változásokat okoznak. Egyetlen kristály vicinális piramisainak kialakulásánál is a hőmérséklet változása következtében az anyaglerakodás sebessége változik. A változás ritmikusan is bekövetkezhetik. Ennek következménye egyes kristályok vicinális piramislapjainak réteges felépítése.

Kisbányai kvarc.

Az előzőekben ismertetett felsőbányai kvarc látszólagos japáni ikerkristályaihoz hasonló kvarckristályok fordultak elő Kisbányán (Szatmár vm.).[1] E kvarckristályok is olyan összenövésben jelentek meg, mely szerint feltehető volt, hogy japáni ikrek. A mérési adatok azonban e feltevést megcáfolták.

[1] Balogh E.: A torda-aranyosmegyei Kisbányáról dacit vékonycsiszolatában figyelt meg $r\{10\bar{1}1\}$ szerinti reichenstein-grieserntali és $\xi : \{11\bar{2}2\}$ szerinti japáni kvarc-ikerkristályokat. — Balogh E.: Nemegyközös tengelyű ikrek általános előfordulása a porphyrquarcok között. Múzeumi füzetek. 2. 1914., p. 177—178.

A tanulmányozott darab főtömegét pirrhotin alkotta. A pirrhotinban benőve galenit és szfalerit hasadási lapoktól határolt kristályai fordultak elő. A pirrhotinon kevés pirit és az említett kvarc kristályai ültek. A kvarcon és elszórtan a pirrhotinon is a szideritnek borsósárga limonitos kéreggel bevont $\{01\bar{1}2\}$ romboéderei települtek mint legutolsó kiválás.

A kvarc rövid oszlopos kristályai víztiszták vagy fehéres színűek. Hosszuk: 5·5—6·5 mm, átmérőjük: 5 mm. Kombinációjukat három forma: $m\{10\bar{1}0\}$, $r\{10\bar{1}1\}$ és $z\{01\bar{1}1\}$ alkotta. Az $r\{10\bar{1}1\}$ és $z\{01\bar{1}1\}$ közel egyensúlyban fejlődött ki.

A romboéderlapokon megjelenő vicinális növekedési piramisok morfológiai sajátságai alapján a vizsgált kristályok balkvarcnak bizonyultak. Ikerkristályokat nem találtam.

A vicinális piramisok kifejlődése az 575° C alatt képződött β-kvarcra utalt. A tanulmányozott kristályok G. Kalb beosztása szerint a minerogenetikailag fiatalabb, hidrotermális eredetű, II. kvarc-típushoz tartoznak.

Általában véve a kisbányai kvarc nagyon hasonló az előzőekben ismertetett felsőbányai kvarchoz.

Toplicai kvarc.

Az Erdélyi Érchegység aranytermő vidékével foglalkozó munkák megemlítik Toplicát (Hunyad vm.), ahol az arany «Thonporphyr»-ban huzódó telérekben volt található. A «Thonporphyr» elnevezés zöldkövesedett és mállott andezitre vonatkozik.[1] Ma már a bányák nincsenek üzemben.

A toplicai teléreken kvarckristályok is előfordultak. A régebbi szerzők[2] szerint a kvarckristályokban olykor aranylemezek voltak

---

[1] Primics Gy.: A Csetráshegység geológiája és érctelérei. Budapest, 1896., p. 84.

Pálfy M.: Az Erdélyrészi Érchegység bányáinak földtani viszonyai és érctelérei. Földtani Intézet Évkönyve. 18. 1910—1911., p. 268—269.

Pálfy M.: Magyarország arany-ezüst bányáinak geol. viszonyai és termelési adatai. Budapest, 1929., p. 20.

[2] M. J., Ackner: Mineralogie Siebenbürgens. Hermannstadt. 1855., p. 5.

felismerhetők, kristálytani megfigyeléseket azonban nem közöltek. C. HINTZE is csak a lelőhelyet említi.[1]

Toplicáról két kvarckristályt vizsgáltam meg. Ezek mérete: 1·5 mm ill. 2·25 mm hosszúság és 1·25 mm vastagság. A kristályok átlátszók. Egyszerű kombinációjukat három forma alkotta: $m\{10\bar{1}0\}$ $r\{10\bar{1}1\}$ és $z\{01\bar{1}1\}$. Az $r\{10\bar{1}1\}$ lapjai nagyobbak, mint a $z\{01\bar{1}1\}$-hez tartozók.

Az $r\{10\bar{1}1\}$ és $z\{01\bar{1}1\}$ lapjait igen apró és sűrűn egymáshoz csatlakozó természetes étetési idomok borították. Ezért a formák lapjai kissé homályosak voltak, míg az $m\{10\bar{1}0\}$ lapjai élénkebben tükröztek. Az étetési idomok alakja és orientációja megegyezett azoknak a természetes étetési idomoknak az alakjával és orientációjával, melyek keletkezése a talajvízben oldott alkálikarbonátok hatására vezethető vissza, miként azt G. A. F. MOLENGRAAFF vizsgálataiból[2] és A. C. GILL-nek az azokat megerősítő közleményéből[3] ismerjük.

A kristályok a «mármarosi gyémánt» típusát követték. Az egyik kristály két egyénből állott, az elsőhöz a második, nagyobb kristály párhuzamos állásban nőtt hozzá s így jogar-kvarcot alkotott.

A vizsgált kristályokban és néhány töredékben aranylemezek nem voltak. PRIMICS GY. is észlelte, hogy az arany a kvarckristályokban ritka és inkább a szarukőszerű kvarcban fordult elő.[4]

V. v., ZEPHAROVICH: Min. Lexicon. I. Wien, 1859., p. 370.

B. v., COTTA-E., FELLENBERG: Die Erzlagerstätten Ungarn u. Siebenbürgens. Freiburg. 1862., p. 182.

[1] C., HINTZE: Handbuch d. Mineralogie. I. Bd. 2. Abt. Leipzig, 1915., p. 1376.

[2] G. A. F., MOLENGRAAFF: Studien über Quarz. Zeitschr. f. Krist. 14. 1888., p. 173—201.

G. A. F., MOLENGRAAFF: Studien am Quarz. II. Zeitschr. f. Krist. 17. 1890., p. 161—162.

[3] A. C., GILL: Beiträge zur Kenntniss des Quarzes. Zeitschr. f. Krist. 22. 1894., p. 97—128.

[4] PRIMICS GY.: i. m.

Kvarc a Velencei-hegységből.

A Velencei-hegységben a kvarc előfordulása általános és jól ismert.[1] Róla részletesebb adatokat MAURITZ B. és VENDL A. közölt. MAURITZ B. a nadapi kőbányából általában néhány mm, de olykor több cm nagyságot is elérő ametisztkristályokat említ, melyeken az $m\{10\bar{1}0\}$, $r\{10\bar{1}1\}$ és $z\{01\bar{1}1\}$ alakokat határozta meg. VENDL A. a hegység számos pontján megállapította a kvarc előfordulását. A többnyire pár mm-es, néha 0·5—1 cm es kristályokon az $m\{10\bar{1}0\}$, $r\{1011\}$, $z\{0111\}$ fellépését észlelte.

A jelen alkalommal a Velencei-hegységnek egy feltűnően nagy kvarckristályát ismertetem, továbbá azokat a megfigyeléseket, melyeket a kvarctelérek kvarckristályainak főnövekedési formáin végeztem.

Évekkel ezelőtt a Velence és Sukoró közti szőlők D-i lejtőjén, ahol a lősz felső részeibe gránittörmelék keveredett, egy különösen nagy kvarckristályt találtam. A kristály 8 cm hosszú és 5 cm átmérőjű. Színe szürkés fehér. Kombinációja egyszerű, rajta az $m\{10\bar{1}0\}$, $r\{10\bar{1}1\}$, $z\{01\bar{1}1\}$ ismerhető fel. Az $r\{10\bar{1}1\}$ nagyobbra fejlődött, mint a $z\{01\bar{1}1\}$. A lapok kivétel nélkül homályosak. A kristály az $m\{10\bar{1}0\}$ egyik lappárja szerint kissé táblás. — Az ismertetett kristály csakis a Velencei-hegység kvarckristályaihoz viszonyított feltűnő nagysága miatt érdemelt említést.

Érdekesnek látszott a Velencei-hegység kvarckristályait minerogenetikai szempontból tanulmányozni. VENDL A. a hegység több pontjáról írt le magasabb hőmérsékleten keletkezett

---

[1] MAURITZ B.: A nadapi zeolithek. Ann. musei nation. hung. **6.** 1908., p. 537—554.

SCHRÉTER Z.: Harmadkori és pleisztocén hévforrások tevékenységének nyomai a Budai hegyekben. Földtani Intézet Évkönyve. **19.** 1912., p. 212.

VENDL A.: A Velencei hegység geol. és petr. viszonyai. Földtani Intézet Évkönyve. **22.** 1914., p. 127, 129, 156, 162, 164, 166.

SCHAFARZIK F.: Geol. kirándulás a Velencei hegységbe, Fejérmegyében. Kézirat.

SCHAFARZIK F.-VENDL A.: Geol. kirándulások Budapest környékén. Budapest, 1929., p. 308—309.

α-kvarcot; α- és β-kvarc szerepel a nadapi piroxén-andezit hasadékaiban előforduló ásványok képződési sorrendjét és képződési hőmérsékletét feltüntető ábrában is. Várható volt tehát, hogy ezek a kvarckristályok a lapjaikon fellépő vicinális piramisok kifejlődése alapján a G. KALB-tól megállapított minerogenetikailag idősebb I. vicinális típusba lesznek sorolhatók. Ez annál is inkább jelentősnek látszott, mert az ilyen szempontból tanulmányozott magyarországi kvarc-előfordulások közül csak a mármarosi kvarc tartozik az I. vicinális típusba.[1]

Az említett feladat megoldására csak a Nadap melletti kvarctelérekből gyüjthettem szépen fejlett kvarckristályokat. Ezek 1—2 mm nagyok. Színtelenek vagy nagyon halvány sárgák; átlátszók. Kombinációjukat az $m\{10\bar{1}0\}$, $r\{10\bar{1}1\}$, $z\{01\bar{1}1\}$ alkotta. Az $r\{10\bar{1}1\}$ és $z\{01\bar{1}1\}$ lapjai teljesen egyensúlyban fejlődtek ki. Mindhárom forma lapjai kitűnően tükröztek. Tíz kristály lapjait vizsgáltam át a fentemlített szempontból, azonban a kívánt eredmény nélkül. Az $m\{10\bar{1}0\}$ lapjai erősen megtámadottak, egyenetlenek, kisebb-nagyobb mélyedésekkel borítottak. Rajtuk vicinális növekedési piramisok nem léptek fel. Az $r\{10\bar{1}1\}$ és $z\{01\bar{1}1\}$ lapjait ujjlenyomatra emlékeztető, hullámos kialakulású rajzok díszítették, de ezeken sem jelentek meg vicinális piramisok.

Luciabányai kvarc.

Luciabánya (Abauj-Torna vm.) kvarckristályait ZIMÁNYI K. írta le[2] és morfológiai szempontból részletesen tanulmányozta. A kisebb kristályok víztiszta-átlátszók, a nagyobbak szürkés fehérek, áttetszők. Kristályalakjaik: $m\{10\bar{1}0\}$, $r\{10\bar{1}1\}$, $z\{01\bar{1}1\}$, $s\{2\bar{1}\bar{1}1\}$, $x\{6\bar{1}\bar{5}2\}$. Táblás és sajátságosan torzult kristályok gyakoriak.

---

[1] G., KALB: Beitr. zur Kristallmorphologie des Quarzes. Zeitschr. f. Krist. (A.) **90**. 1935., p. 169—171.

[2] ZIMÁNYI K.: Ásványtani Közlemények. Ann. musei nation. hung. **11**. 1913., p. 263.

ZIMÁNYI K.: Ásványtani közlemények a Szepes-Gömöri Érchegységből és a Délkeleti Felföldről. Ann. musei nation. hung. **19**. 1922., p. 82—85.

A rendelkezésemre álló anyag kvarckristályain — úgy a szürkés fehéreken, mint a víztisztákon — csak az $m\{10\bar{1}1\}$, $r\{10\bar{1}1\}$ és $z\{01\bar{1}1\}$ formákat állapíthattam meg.

Fehérszínű kvarc vaskos tömegeket alkot, ezen ülnek az átlagosan 10 mm nagy szürkésfehér, helyenként átlátszó, többnyire áttetsző kvarckristályok. A vaskos kvarc üregeiben a kisebb (1—3 mm) víztiszta kristályok foglalnak helyet. A vaskos kvarcra kalkopirit, tetraedrit telepszik. Egy szürkésfehér áttetsző, a szélein átlátszó kvarcban zárványként fordult elő a kalkopirit és tetraedrit. Maga a vaskos kvarc szideritben található.

A luciabányai kvarckristályokat főleg a növekedési jelenségek, az ikerképződés és a minerogenetikai viszonyok szempontjából vizsgáltam.

A növekedési alakokat a kristályok mindhárom formáján tanulmányoztam. A víztiszta kvarcokon növekedési alakokat nem találtam, a szürkésfehér kristályokon ellenben jól fejlődött növekedési formákat figyeltem meg.

Az $m\{1010\}$ lapjai vízszintesen erősen rostozottak, ezért rajtuk növekedési alakok nem vehetők észre.

Az $r\{10\bar{1}1\}$ lapjait szépen fejlett háromoldalú növekedési vicinális piramisok borítják. A főélhez csatlakozó mellékélek egymással nagyon tompa szöget zárnak be. A növekedési piramisokon olykor jól látható a réteges felépítés, vicinális rostozás. A kristályok nagyobb része balkvarc. Ez a megfigyelés teljes összhangban van Zimányi K. morfológiai megállapításával, aki egy víztiszta kvarcot az *s*-lap rostozása alapján mint balkvarcot ismertetett. Jobbkvarcot csak egy kristályon határoztam meg.

A $z\{0111\}$ lapjai nagyság tekintetében nem sokkal maradnak az $r\{10\bar{1}1\}$ lapjai mögött. Rajtuk szintén megfigyelhetők a jól kialakult növekedési vicinális piramisok. Ezeknek vizsgálata ugyanazokhoz az eredményekhez vezetett, mint amilyeneket az $r\{10\bar{1}1\}$ vicinális piramisainak tanulmányozásánál sikerült megállapítani.

Ikerkristályt csak egyet találtam. Ezen a braziliai és a dauphinéei-ikertörvény együttesen lépett fel. A braziliai törvény szerint egy jobb- és egy balkvarc nőtt össze. Ezeknek $r\{10\bar{1}1\}$ lapjain az ikervarrat vonala szabályos lefutású. A dauphinéei-ikertörvény

szerint alakult kristályt két jobbkvarc alkotta. Ezeknek $r\{10\bar{1}1\}$ lapjain az összenövési vonal szabálytalan, cikk-cakkos.

A romboéderlapok növekedési vicinális piramisainak kifejlődése alapján megállapítható, hogy a luciabányai kvarc az 575° C alatt képződő, hidrotermális eredetű és minerogenetikailag fiatalabb II. vicinális típusba tartozik.

(A Budapesti Királyi Magyar Pázmány Péter Tudományegyetem ásvány- és kőzettani intézetében készült dolgozat.)

(A M. T. Akadémia III. osztályának 1936. nov. 23-án tartott üléséből.)

EGYETEMI KÖNYVTÁR FOLYÓIRATOK SZEGED

KRISTALLOGRAPHISCHE UNTERSUCHUNGEN EINIGER UNGARISCHEN QUARZKRISTALLE.

von L. TOKODY.

Quarz von Felsőbánya (Komitat Szatmár).

Auf den Erzgängen von Felsőbánya ist der Quarz sehr verbreitet. Jedoch besitzen wir über die kristallographischen Verhältnisse keine Angaben.

Die Kombination der von mir untersuchten Quarzkristalle von Felsőbánya ist sehr einfach. Die beobachteten Formen sind $m\{10\bar{1}0\}$, $r\{10\bar{1}1\}$, $z\{01\bar{1}1\}$; die Kristalle von zweierlei Art: einfache Kristalle und Zwillinge nach dem Japaner Gesetz.

Die Zwillinge kommen mit Plumosit vor. Die 1—1·5 mm grossen graulichweissen Kristalle sind undurchsichtig, doch in Flüssigkeiten mit hohem Brechungsexponent durchscheinend. Die $m\{10\bar{1}0\}$-Flächen sind rauh, ebenso die Rhomboederflächen, letztere auch abgerundet. Der Winkel zwischen den Hauptachsen beträgt 84°27′ (Mittelwert von 23 Messungen); berechnet 84°33′. Die $(10\bar{1}0)$-und $(\underline{10\bar{1}0})$-Flächen liegen in derselben Ebene. An diesen Zwillingskristallen ist sehr bemerkenswert, dass die zwillingsbildenden Individuen in der Richtung der Nebenachsen gleiche Grösse aufweisen; die meisten Japanquarze sind bekanntlich nach der Fläche $(10\bar{1}0)$ abgeplattet. Eine weitere auffallende Erscheinung ist, dass diese Zwillinge Penetrationszwillinge sind und nicht der allgemeinen herzförmigen Ausbildung folgen, besitzen gut gebildete Prismenfläche (Siehe die Textfigur im ung. Text).

Es kommen auch grössere Quarzkristalle bei Felsőbánya vor. Die Grösse dieser wasserhellen, graulichen oder sanft milchweissen Kristalle ist durchschnittlich 10 mm. Sie besitzen ebenfalls die

Formen $m\{10\bar{1}0\}$, $r\{10\bar{1}1\}$, $z\{01\bar{1}1\}$. Einige von diesen Kristallen scheinen Zwillinge mit nicht-parallelen Hauptachsen zu sein. Die goniometrischen Messungen sprechen aber entgegen. Auf Grund der Messungen können wir mit keinem bekannten Quarzzwillingsgesetze identifizieren.

An den grösseren Kristallen treten schöne Vizinalpyramiden auf. Die Vizinalpyramiden wurden nach der Auffassung von G. KALB untersucht. An den Prismenflächen auftretende Vizinalpyramiden sind nach der Richtung $[11\bar{2}0]$ stark ausgedehnte, assymmetrische Vierecke. An den $\pm$ Rhomboederflächen wurden dreiseitige Vizinalpyramiden beobachtet. Zu dem Höhengrat anschlissende untere Graten bilden miteinander einen sehr stumpfen Winkel. Unter den untersuchten 11 Quarzkristallen von Felsőbánya wurden zwei *R*-Quarze und drei *L*-Quarze beobachtet. Vier Kristalle sind nach dem Brasilianer Gesetz. Ein Zwillingskristall wurde aus zwei *R*-Quarzen nach dem Dauphinéer Gesetz gebildet. An einem Kristall konnte ich das gleichzeitige Auftreten der Brasilianer und Dauphinéer Gesetze feststellen. Einige Vizinalpyramiden lassen Schichtstufen erkennen.

In minerogenetischer Betrachtung führte die Untersuchung der Vizinalpyramiden zu dem Ergebnis, dass die Quarzkristalle von Felsőbánya ausnahmslos unter 575° C gebildeten β-Quarze sind und zu dem Vizinaltypus II von G. KALB gehören, entsprechend ihrer hydrothermaler Entstehung.

Es wurde endlich vom Verfasser die vermutliche Mechanik der Entstehung der Vizinalpyramiden besprochen mit Rücksicht auf die in den verschiedenen Richtungen feststellbaren Wachstumsgeschwindigkeiten und ihre Abhängigkeit von der Temperatur.

Quarz von Kisbánya (Komitat Szatmár).

Der Hauptmasse der untersuchten Mineralstufe ist Pyrrhotin, in dem eingewachsen die durch Spaltungsflächen begrenzten Kristalle des Bleiglanzes und der Zinkblende vorkommen. Auf dem Pyrrhotin sitzen Schwefelkies- und Quarzkristalle, als letzte Ausscheidung — auf dem Quarz und Pyrrhotin — die $\{01\bar{1}2\}$ Rhomboedern des Siderits.

Die wasserhellen bzw. weisslichen, 5·5—6·5 mm langen und 5 mm dicken Quarzkristalle werden von den Formen $m\{10\bar{1}0\}$, $r\{10\bar{1}1\}$, $z\{01\bar{1}1\}$ begrenzt. Auf Grund auf den ± Rhomboederflächen auftretenden Vizinalpyramiden gehören die Kristalle zu den unter 575° C entstandenen und von G. KALB den minerogenetischen jüngeren, II. Trachtypus des Linksquarzes.

Einige Kristalle zeigen eine solche Zusammenwachsung, welche an das Japaner Zwillingsgesetz erinnert, aber dem die Winkelmessungen widersprechen.

Quarz von Toplica (Komitat Hunyad).

In den schon seit Jahrzehnten aufgelassenen Goldbergbau von Toplica kamen Quarzkristalle vor. Diese Kristalle enthalten nach Angaben der älteren Autoren zuweilen kleine Goldblättchen eingeschlossen. Kristallographische Untersuhungen fehlten.

An zwei 1·5—2·25 mm langen und 1·25 mm dicken, wasserhellen Kristallen konnte ich die Formen $m\{10\bar{1}0\}$, $r\{10\bar{1}1\}$, $z\{01\bar{1}1\}$ feststellen. Auf den Rhomboederflächen und manchmal auf $m\{10\bar{1}0\}$ können natürliche Ätzfiguren beobachtet werden. Die Ätzfiguren stimmen mit denjenigen überein, die — nach G. A. F. MOLENGRAAFF — durch in dem Bodenwasser gelösten Alkalikarbonaten hervorgerufen werden.

Die Kristalle gehören zu dem «Marmaroscher Diamant»-Typus. Einer von ihnen war Scepterquarz.

Die von mir untersuchten Kristalle und Bruchstücke enthalten keine Goldblättchen.

Quarz aus dem Velenceer-Gebirge (Komitat Fejér).

Aus dem Velenceer-Gebirge ist der Quarz schon lange Zeit her bekannt. Diesmal sollen die Quarzkristalle besprochen werden und zwar erstens aus den Weingärten zwischen Sukoró und Velence, zweitens aus dem Quarzgang bei Nadap.

Der Quarzkristall des erstgenannten Fundortes wurde durch seiner Grösse ausgezeichnet. Die Länge dieses Kristalls ist 8 cm und die Dicke 5 cm. Der graulichweisse, undurchsichtige Kristall besitzt die Formen $m\{10\bar{1}0\}$, $r\{10\bar{1}1\}$, $z\{01\bar{1}1\}$.

Die durchsichtigen Quarzkristalle von Nadap sind 1—2 mm gross, wasserhell oder blassgelb mit den Formen $m\{10\bar{1}0\}$, $r\{10\bar{1}1\}$, $z\{01\bar{1}1\}$. Diese Kristalle wurden auch aus minerogenetischem Gesichtspunkte im Sinne G. KALB untersucht, aber an seinen Flächen konnten keine Vizinalpyramiden beobachtet werden.

Quarz von Luciabánya (Komitat Abauj-Torna).

Die Quarzkristalle von Luciabánya sind zweierlei Art: 1. kleine, wasserhelle, 2. graulichweisse bzw. weisse, undurchsichtige bzw. durchscheinende Kristalle. Die weissen, 10 mm grossen Kristalle sitzen auf derben Quarz mit Chalkopyrit, Tetraedrit und Siderit. Zuweilen kommen Chalkopyrit und Tetraedrit als Einschlüsse in den Quarzkristallen vor. Die wasserklaren kleineren (1—3 mm) Quarzkristalle sind in den Hohlräumen des derben Quarzes eingewachsen. Die beobachteten Formen sind: $m\{10\bar{1}0\}$, $r\{10\bar{1}1\}$, $z\{01\bar{1}1\}$.

Beide Arten wurden in minerogenetischer Betracht untersucht. An den wasserhellen Kristallen konnten keine Wachstumserscheinungen beobachtet werden. Die weissen Quarzkristalle besitzen gut ausgebildete Wachstumspyramiden mit Ausnahme der $m\{10\bar{1}0\}$-Flächen. An den $\pm$ Rhomboederfläche treten schöne dreiseitige Vizinalpyramiden auf. Die Untersuchung dieser führte zu dem Ergebnis, dass diese Individuen des *L*-Quarzes sind.

Auf Grund der Vizinalpyramiden gehört der Quarz von Luciabánya zu dem minerogenetisch jüngeren Vizinaltyp II., von hydrothermaler Herkunft, des unter 575° C gebildeten β-Quarzes an.

(Mineralogisch-petrographisches Institut d. Kgl. Ung. P. Pázmány Universität zu Budapest.)

(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften vom 23. November 1936.)

A LEGRÉGIBB FOSSZILIS GYÖNGY ÉS SÉRÜLÉSNYOMOK EGY TRIASZKORI MEGALODUSON.

KUTASSY ENDRÉ-től.

A Vértes hegység északi részén, Felső-Galla határában fekvő Nagy-Csákányhegy fődolomitrétegeiből 1933-ban gazdag faunát írtam le, melyben a Megalodus kagylóknak jelentékeny szerep jut.[1] A Megalodusok között leggyakoribb egy hatalmas példányokban előforduló egyenlőtlen teknőjű új faj a *Megalodus amplus* KUTASSY; amely 270 mm magasságú balteknőjével és 220 mm magasságú jobbteknőjével az eddig leírt legnagyobb méretű alak a triászkori Megalodusok között. A példányok legnagyobb része kőbél alakjában maradt meg. Az egyik leghatalmasabb példányon a balteknő hátsó pereme közelében több néhány mm nagyságú, csaknem szabályos köralakú bemélyedés látható, melyek mindegyike szabályos alakjával és sértetlen megtartásával első tekintetre elárulja, hogy nem valami utólagosan keletkezett sérülésről lehet szó, hanem olyan képződményekről, melyek a héj belső oldalán a kövesedés folyamatának megindulása előtt keletkezhettek s melyeknek alakját a héjkitöltő anyag pontosan megőrizte. Ugyanezen a példányon, szintén a bal teknőn a mellső oldalon, az alsó peremmel csaknem párvonalasan, a mellső izomlenyomat magasságában egy

[1] KUTASSY E.: Adatok a Vértes- és Bakonyhegységi fődolomit faunájának ismeretéhez. (Földtani Közlöny. Bd. LXIII. 1933. p. 12—19. Taf. I—II.)

több mint 90 mm hosszúságú és átlagosan 6—7 mm szélességű mély bevágás húzódik a kőbélen a hátsó perem felé. Ez a hatalmas barázda éppoly szabályos és jó megtartású, mint az előbb említett gömbölyű bemélyedések, s amint az alábbiakból kitűnik, a gömbölyű bemélyedéseket, mint gyöngylenyomatokat, míg a barázdát pedig mint még az állat életében keletkezett sérülés nyomát foghatjuk fel.

Haas szerint[2] átlagban azt tételezhetjük fel, hogy a ma élő kagylóknál általában 1000 között egy akad, amelynél gyöngyképződést figyelhetünk meg és csak minden ötvenezredik között akad olyan, amelynél ez a gyöngy gombostűfejnagyságúnál nagyobb. Ha tehát a gyöngyök általában és főleg a nagyobb gyöngyök a jelenkori kagylóknál ilyen ritkák, egyáltalán nem csodálkozhatunk azon, ha a fosszilis kagylóknál oly kevés esetben ismerünk gyöngyöket vagy lenyomatokat. Az ok azonban nemcsak abban rejlik, hogy ilyen maradványok ritkák, hanem talán a kutatók sem fordítottak sok gondot arra, hogy a fossziliákat ebből a szempontból megvizsgálják, másrészt az egynehány régebbi adat, annyira elrejtve jelent meg az irodalomban, hogy erről csak véletlenül szerezhettek tudomást. Éppen ezért Dacqué 1921-ben megjelent kiváló munkájában még azt írja, hogy fosszilis gyöngyről nincs tudomása.[3] Az irodalom ennek a megállapításnak ellentmond, mert a régebbi és újabb irodalmi adatok alapján a kagylók és cephalopodák köréből ezideig 28 esetben ismerünk fosszilis gyöngyöket és gyöngynyomokat. Maguk a gyöngyök igen ritka esetben maradtak meg, mivel amennyiben a héj és köpeny között helyezkedtek el, a test elrothadása után kiestek s csak lenyomatuk maradt meg egyrészt a héj belső oldalán, másrészt a kőbélen — s amennyiben esetleg meg is maradtak volna, úgy vagy már a természetben, vagy a preparáláskor mentek veszendőbe.

Nem lehet célom e helyen a gyöngyképződés okaival és keletkezési körülményeivel foglalkozni. Erre vonatkozólag elegendő

---

[2] Haas F.: Fossile Perlen (Natur und Museum. Bd. 61. H. 3. p. 120. 1931.).

[3] Dacqué E.: Vergleichende biologische Formenkunde der fossilien niederen Tiere (Berlin 1921.).

JAMESON,[4] ALVERDES[5] és RUSSEL[6] munkáira hivatkozni, akik a kérdést minden oldalról kimerítően tárgyalják.

Legtöbb esetben nem is valódi gyöngyök maradtak meg, hanem csak a kőbélbe benyomódva, a héj belső oldalán keletkezett gyöngyszerű dudoros képződmények lenyomatai. Szabad gyöngyök fosszilisan igen ritkák. Tekintettel az ilyennemű maradványok ritkaságára, nem lesz érdektelen az alábbiakban felsorolni az irodalomban eddig ismeretes gyöngylenyomatok, más gyöngyszerű képződmények és szabad gyöngyökre vonatkozó adatokat.

I. Kagylóknál:

a) Gyöngyök lenyomatai a kőbélen vagy a héj belső oldalán.

1. *Inoceramus Goldfussianus* D'ORB., a németországi felsőkréte (campanien) emeletéből.[7]

2. *Inoceramus sagensis* OWEN var. *quadrans* WHITF. az Északamerikai Egyesült Államok (New-Jersey) felsőkréta senon emeletéből.[8]

3. *Inoceramus* sp. a japáni (Urakwa) felsőkréta senon emeletéből.[9]

4. *Inoceramus expansus* BAILY a délafrikai (Pondoland) kréta campanien emeletéből.[10]

---

[4] JAMESON H. L. (1902): On the Orogin of Pearls. (Proc. Zoolog. Soc. London I.)

[5] ALVERDES F. (1913): Über Perlen und Perlenbildung. (Zeitschrift für Wissenschaftl. Zoologie Bd. 105.)

[5a] ALVERDES F. (1913): Versuche über künstliche Erzeigung der Perlen etc. (Zoolog. Anzeiger Bd. XLII. N 10.)

[6] RUSSEL R. D. (1920): Fossil Pearls from the Chico Formation of Shasta county, California. (American Journal of Science Ser. 5. Vol. XVIII.)

[7] GOLDFUSS (1836): Petrefacta Germaniae Bd. II. p. 116 CXII. t. 4d. ábra. (= Inoceramus Cripsi Goldf. non Mant.)

[8] WHITFIELD R. P. (1835): Monogr. Unit. St. Geolog Surv. V. IX. p. 79 XIV. t. 16. ábra.

[9] YOKOYAMA M.: (1896): Versteinerung a. d. japan. Kreide. (Paläontogr. Bd. XXXVI. XVIII. t. 6. ábra.)

[10] NEWTON R. B. (1908): Fossil Pearl growths. (Procid. Malacol. Soc. London v. VIII. p. 133. IV. tábla 2—3. ábra.)

b) Álgyöngyök (blister); gyöngyszerű kidúdorodások a héj belső oldalán és odanőtt gyöngyök.

5. *Gryphaea dilatata* Sow. (a záróizom oldalához nőtt hosszúkás gyönggyel) az angliai (London környéke) jura kimmeridge emeletéből.[11]

6. *Gryphaea dilatata* Sow. (odanőtt gyöngyök) az angliai (Oxford) jura oxfordi emeletéből.[12]

7. *Inoceramus labiatus* Schloth. (gyöngyszerű protuberanciák a héj belső oldalán, az angliai (Kent) kréta, turon emeletéből.[13]

8. *Inoceramus* sp. (odanőtt gyönggyel) az angliai (Kent) felsőkréta senon emeletéből.[14]

9. *Inoceramus* sp. (a héj belső oldalához nőtt nagyobb gyönggyel) az angliai (Kent) felsőkréta senon emeletéből.[15]

10. *Ostrea edulis* L. (odanőtt gyönggyel) az angliai (Suffolk) pliocénből.[16]

11. *Lima scabra* Born. (odanőtt gyönggyel) a Bahama-szigetek harmadkori rétegeiből.[17]

12. *Mytilus edulis* L. (a héj belső oldalán gyöngyszerű dudorokkal) a svédországi (Uddevalla) postpliocénből.[18]

c) Valódi gyöngyök (szabad gyöngyök).

13. *Ostrea eduliformis;* a németországi doggerből (lelőhelyét a szerző nem adja meg).[19]

14. *Inoceramus* sp. az angliai (Cambridge) alsókréta, albien emeletéből.[20]

---

[11] Morris I. (1851): Annal et Mag. Nat. Hist. Vol. VIII. p. 89. IV. t. 16. ábra.

[12] Jackson (1908): On fossil pearl growths. (Procid. Malacol. Soc. London Vol. VIII. p. 319.)

[13] Newton (1908): l. cit. p. 134. V. t. 1. ábra.

[14] Newton (1908): l. cit. p. 135. V. t. 2—3. ábra.

[15] Morris I. (1851): l. cit. p. 89. IV. t. 12. ábra.

[16] Jackson (1908): l. cit. p. 319.

[17] Jackson (1908): l. cit. p. 319. XIV. t. «E» ábra.

[18] Jackson (1908): l. cit. p. 318. XIV. t. «A« ábra.

[19] Klinghardt F. (1921): Vergleichende Anatomie d. Rudisten, Chamen, Ostreen p. 19.

[20] Jackson (1908): l. cit. p. 318. XIV. t. «C» ábra.

15. *Perna oblonga* SEELEY (a kőbélen lenyomatok is) az angliai (Cambridge) alsókréta albien emeletéből.[21]

16. *Inoceramus* sp. az angliai (Suffolk) felsőkréta senon emeletéből.[22]

17. *Inoceramus* sp. az angliai (Suffolk) felsőkréta senon emeletéből.[23]

18. *Inoceramus* sp. (szabad és odanőtt gyöngyökkel) az angliai (Kent) felsőkréta senon emeletéből.[24]

19. *Inoceramus subundulatus* MEEK. a kaliforniai felsőkrétakori Chico-formatióból.[25]

20. *Exogyra texana* ROEM. a texasi felsőkrétakori Comanchean-rétegekből.[26]

21. *Venericardia Clarki* WEAVER. Az északamerikai (Washington) eocénrétegekből.[27]

22. *Ostrea tenera* Sow. az angliai (Croydon) alsóeocénkori woolwich-rétegekből.[28]

23. *Pinna affinis* Sow. a Wight-szigeti londoni agyagból.[29]

24. *Perna sandbergeri;* a németországi (Wetterau) alsómiocén-rétegekből.[30]

25. *Mitylus edulis* L. (szabad gyöngyök és gyöngyszerű dudorok) a svédországi (Uddevalla) postpliocén rétegeiből.[31]

---

[21] SEELEY H. G. (1861): Ann. Mag. Nat. Hist. Vol. VII. p. 121. VI. t. 6. ábra és NEWTON (1908): l. cit. p. 137. V. t. 7. ábra.

[22] NEWTON R. B. (1908): l. cit. p. 138.

[23] JACKSON (1908): l. cit. p. 318. XIV. t. «D» ábra.

[24] MORRIS (1851): l. cit. p. 89. IV. t. 13—14. ábra és NEWTON (1908): l. cit. p. 136. V. t. 4—6. ábra.

[25] RUSSEL R. D. (1929): l. cit. p. 417. I. t.1—7. ábra és 8—9. szövegábra.

[26] RUSSEL R. D. (1929): l. cit. p. 427.

[27] RUSSEL R. D. (1929): l. cit. p. 425. 11—12. szövegábra.

[28] JACKSON (1908): l. cit. p. 319.

[29] JACKSON I. F. (1926): Fossil Pearls. (Proc. Isle of Wight Nat. Hist. Soc. I. p. 466.

[30] ZILCH A. (1934): Eine Perle aus der Meereszeit der Wetterau. (Natur und Volk. 64. k. 3. füzet p. 93. 1—2. szövegábra.)

[31] JACKSON (1908(: l. cit. p. 318. XIV. t. «B» ábra.

26. *Volsella modiolus* L. a skóciai postpliocén tengeri üledékeiből.[32]

27. *Hippurites radiosus* (a szerző által közelebbről meg nem nevezett lelőhelyről származó és részletesen nem ismertetett «gyöngyszerű képződményekkel» a berlini és bonni Múzeumban).[33]

II. Cephalopodáknál.

28. Míg a jelenkori Nautilusoknál szintén előfordul gyöngyképződés, addig a fosszilis Cephalopodáknál tudomásom szerint csak egyetlenegy esetben ismerünk gyöngyképződményt, mégpedig a *Pleuronautilus planilateratus* KIESL. fajnál, a Timor-szigeti felső triászból. Itt a héj externális oldalán egy — barázdával kettéosztott gyöngy — fordul elő, hosszirányban megnyúlt alakkal.[34]

A puhatestűek harmadik osztályában a csigáknál a jelenkorban, bár ritkán, de szintén előfordul gyöngyképződés (Strombus-, Murex-, Voluta-féléknél). Fosszilis-csigáknál azonban tudomásom szerint ezideig még nem találták gyöngyképződés nyomát.

A fentiekből kitűnik, hogy a gyöngyképződés nyomait a fosszilis kagylók legváltozatosabb ordóiban megtaláljuk. Az eddig ismert legrégibb gyöngy jurakorú kagylónál található, míg a leletek legnagyobb része a krétakorszakba esik. A harmad- és negyedkori leletek száma aránylagosan igen csekély.

Mindezek alapján a magyarországi lelet a kagylók sorában geológiai korát rekintve a legrégibb.

A vérteshegységi Megalodus amplus-on észlelhető gyöngynyomok között kétféle typust különböztethetünk meg. Egyik csoportba tartoznak a kőbél felületébe bemélyedő gyöngylenyomatok, a másik csoportba pedig a szabad gyöngyök maradványai, illetve lenyomatai.

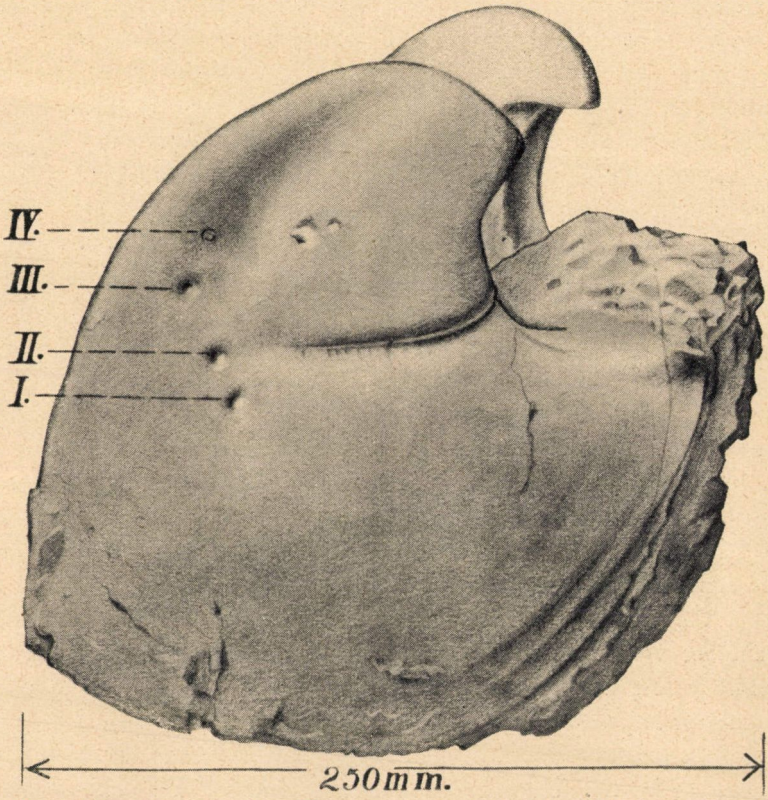
---

[32] ROBERTSON D. (1883): Transact. Geolog. Soc. Glasgow. Vol. VIII. és NEWTON (1908): l. cit. p. 132.

[33] KLINGHARDT (1921): l. cit. p. 19.

[34] KIESLINGER A. (1925): Untersuchungen an triadischen Nautiloideen. (Paläontolog. Zeitschrift. Bd. VII. H. 2.)

A héj hátsó peremének közelében harántirányban húzódva három, befelé fokozatosan elkeskenyedő lenyomatot látunk, melyeknek átmérője 4—5 mm között váltakozik (1. szövegábra I., II., III.). A sajátságos alakból következtetve, ezek a lenyomatok



1. ábra. Megalodus amplus Kutassy; gyöngylenyomatokkal (I—III.) és szabad gyöngygyel (IV.). Textfig. 1. M. amplus Kutassy, mit Perlenabdrücken (I—III), und mit freien Perle (IV.).

semmiesetre sem szabad gyöngyök nyomai, hanem a héj belső oldalán kialakult gyöngyszerű kidudorodás lenyomatai. Az irodalom alapján eddig ismeretes, s a héj belső oldalán előforduló gyöngykinövések, mind eltérő, többé-kevésbbé szabályos vagy szabálytalan gömbös képződmények. Olyan fosszilis gyöngyképződményt,

amelynek befelé fokozatosan kihegyesedő alakja lenne, eddig nem ismertünk. Hogy azonban ilyen gyöngyképződmények is előfordulhatnak, kétségtelenné teszi egy szerencsés lelet, amelyre a budapesti Pázmány Péter Tudományegyetem Földtani Intézetének múzeumában akadtam. Az egyiptomi eocén Mokattam-emeletéből a Kairó közelében levő Wadi el Tih lelőhelyről származó *Carolia placunoides* példányánál a héj belső oldalán az izomlenyomat baloldalán igen jól szembetűnő gyöngyszerű kinövést láthatunk (2. szövegábra), amely bázisán a legszélesebb s felfelé fokozatosan hegyesedik. A vérteshegységi *Megalodus amplus*, KUTASSY jobb teknőjének belső oldalán három hasonló gyöngyszerű protuberancia helyezkedett el és ezek lenyomatai találhatók meg a kőbélen. Az alaki hasonlóságot kétségtelenné teszi a 2. b. szövegábrán közölt kép, amit a legfelső gyöngylenyomat kitöltéséről készítettem.

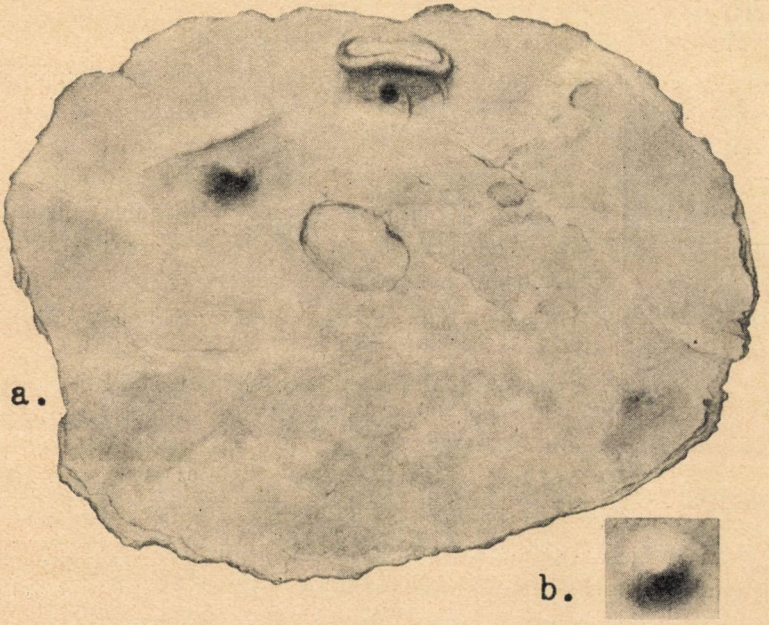
A vértesi Megalodus kőbelén azonban valódi gyöngyök nyomait is megtaláljuk. A fent tárgyalt álgyöngyök lenyomatai felett, szintén a hátsó perem közelében (1. szövegábra IV.) beágyazva egy valódi gyöngyöt találunk. A gyöngy alakja kissé hosszúkás, hosszátmérője 3·4 mm, míg harántátmérője 2·5 mm. A mélyedésben bent van maga a gyöngy is, illetve a gyöngynek láthatólag csak a fele, mivel a másik félrész a héj leválásakor a természetben veszendőbe ment.

A gyöngy anyaga ma már teljesen átkristályosodott, valószínűleg vékonycsiszolat készítése esetén még talán felismerhető lenne benne a koncentrikus szerkezet, azonban a szélek annyira szorosan kapcsolódnak az üreg széléhez, hogy preparálási kísérlet esetén a kristályos anyag szilánkokra esne szét s így az egész lelet megsemmisülne. Ugyanezen teknőn a búbhoz közelebb szintén megtaláljuk egy valódi gyöngy bemélyedő üregét, ebből azonban már maga a gyöngy teljesen hiányzik.

Mindezek alapján megállapíthatjuk, hogy az itt ismertetett egyiptomi lelettel együtt ezideig 29 esetben ismerünk fosszilis kagylóknál gyöngyképződményeket (a gyöngyképződmények száma egy-egy alaknál igen jelentékeny lehet) s ezek között a legrégibb az itt ismertetett *Megalodus amplus*nál előforduló lelet. Magyarországból ez a legelső lelet, Németországból három leletet ismerünk

a jurából, krétából és miocénből egyet-egyet; (a 27. szám alatt ismertetett leletek lelőhelyét még nem ismerem); tehát magáról az európai kontinensről csak négy esetben ismerünk fosszilis gyöngynyomokat.

A másik érdekes jelenség, amit ugyanezen Megalodus-példányon, ugyancsak a jobb teknőn figyelhetünk meg, egy hatalmas



2. ábra. *a* Carolia placunoides, az egyptomi eocén Mokattam emeletéből, gyöngyszerü dudorral. *b* M. amplus III. számú gyöngylenyomatának másolata (Textfig. 2. *a* Carolia placunoides a. d. Mokattam Stufe d. aegyptischen Eozän, mit perlartigen Wucherung. *b* Ausgusz d. Perlenabdruckes No. III. d. Megalodus amplus.)

bemélyedés, amelynek eredetét csakis a héj sérülésével hozhatjuk kapcsolatba. Ez a sérülésnyom, mint már említettem, kb. a kőbél második és harmadik harmadának határán helyezkedik el, a mellső izomlenyomat dudoránál jóval feljebb. Kiindulási pontja a lunuláris peremen van, s innen a kőbél alsó peremével csaknem párhuzamosan haladva, húzódik a hátsó perem felé. A barázda leg-

mélyebb és legszélesebb kiindulási pontjánál a lunuláris peremen s onnan hátrafelé haladva fokozatosan keskenyebb és sekélyebb lesz, s végül teljesen ellaposodik. Hossza körülbelül 95 mm, szélessége a kiindulási pontnál kb. 24—25 mm, mélysége ugyanitt 6—7 mm. Valamilyen parazita által okozott kóros elváltozásra a barázda nagy méretei miatt a jelen esetben semmi módon sem gondolhatunk, kizárólag csak a köpeny kóros elváltozásáról vagy külső sérülésokozta pathologikus esetről lehet szó.

Míg fosszilis és recens nautilusoknál elég gyakran ismerünk hasonló pathológikus eredetű sérülésnyomokat, addig tudomásom szerint fosszilis kagylóknál még nem figyeltek meg hasonló jelenségeket.

A vértesi Megalodus sérüléséhez morfológiailag hasonló sérülésnyomot írt le Loesch,[35] egy franciaországi jurából származó Nautilus-példánynál (l. cit. Taf. VII). Az említett Nautilus externális részén egy kb. 29 mm hosszúságú és mintegy 8 mm szélességű barázda húzódik, amely a légkamrák felé eső részen fokozatosan elsekélyesedik.

A jelenkori Nautilusoknál Willey figyelt meg hasonló barázdát az externális részen (l. cit. fig. 15), ahol azonban a barázda már a szájperemen kezdődik s csaknem egyenlő szélességben és mélységben halad végig a belső kanyarulatok felé.[37] Loesch szerint ez a pathologikus barázda nem a héjat kívülről ért sérülésnek a nyoma, hanem rendellenesen fejlődött héj s keletkezése a héjat kiválasztó köpeny temporaris helyi megbetegedésére vezethető vissza. Amíg ez a megbetegedés tartott, addig a héj rendellenesen fejlődött, mikor a pathologikus ok megszűnt, újra bekövetkezett a rendes fejlődés.

Sajnos, a vérteshegységi Megalodust már a lelőhelyen héj nélkül találtam s így egyáltalán nem lehet megállapítani, hogy a

---

[35] Loesch K. C. (1912): Eine fossile parthologische Nautilusschalle. (Neues Jahrb. f. Mineralogie etc. 1912. II. p. 90.)

[36] Dacqué E. (1921): l. cit. p. 695—697.

[37] Willey (1902): Contribut. to the Nat. Hist. of Pearly Nautilus. (Zool. Results based on Mat. coll. in New Britani P. VI. Cambridge. University Press.)

kőbélen látható barázdának magán a héjon milyen elváltozások feleltek meg. A pathologikus barázda alakja mindenesetre morfológiailag sokban hasonlít a LOESCH-nél közölt Nautilus barázdájához.

Fontos eltérés mutatkozik azonban a barázda alakjában. Nevezetesen míg a LOESCH-féle Nautilusoknál a barázda ott a legkeskenyebb, ahol a legmélyebb, addig a vértesi Megalodusnál a barázda legszélesebb részénél a legmélyebb s a szűküléssel párhuzamosan fokozatosan elsekélyesedik.

A másik fontos különbség a WILLEY és LOESCH által ismertetett Nautilus és a vértesi Megalodus pathologikus barázdájának helyzetében jut kifejezésre. A Nautilusokon a barázda a héj kiválasztóköpeny peremére merőlegesen helyezkedik el, míg a triászkori Megaloduson a pathologikus bemélyedés éppen ellentétes helyzetben, a köpeny szélével parallel fut le. Ez a körülmény véleményem szerint ellentmond a sérülések azonos eredetének.

A jurakori Nautilusnál tehát egy kb. 8 mm szélességű köpenyrész pathologikus elváltozásáról lenne szó, melyet mindkét oldalon egészséges köpenyrészek határolnak s amelynek normális továbbfejlődése a barázda elsekélyesedésével parallel haladva fokozatosan, lassan következett be. A Megalodusnál azonban egészen más az eset. Itt azt kellene feltételeznünk, hogy a köpeny pereme több mint 90 mm-es vonalon betegedett meg és ez a nagyfokú abnormitás igen rövid időn belül (mert hiszen a barázda csak 24—26 mm széles) begyógyult és a normális héjfejlődés azonnal továbbfolytatódott.

Nézetem szerint az igen valószínűtlennek látszik és nehezen képzelhető el, hogy a köpenyperem ilyen hosszú vonalon való sérülése, illetve elváltozása nem vezetne az állat azonnali vagy hamaros pusztulásához. Már pedig ez nem következett be, mert hiszen a teknők mélyebben fekvő s leghatalmasabb részlete teljesen normálisan fejlődött tovább. Nem gondolhatunk arra sem, hogy a teknő alsó peremén, a teknők kinyitásakor a héj és köpeny közé valami idegen anyag került volna, mert hiszen az esetben a köpeny szélén a héjképződés folytonossága megszűnt volna, mert az idegen anyag elválasztotta volna a köpenyt a már meglevő héjrészlet alsó peremétől. Véleményem szerint a Megalodusnál ellentétben

a Nautilusokkal a sérülés csakis utólagos eredetű lehet s olyan külső behatásra vezethető vissza, ami az állatot akkor érte, mikor a héjképződés már túlhaladt azon a vonalon, ahol a barázda húzódik.

A Megalodusok sorában tudvalevőleg egyaránt előfordulnak egyenlő és egyenlőtlen teknőjű alakok. Életmódjukra vonatkozólag meglehetősen keveset tudunk. A kísérő faunák természetéből és a héj vastagságából, annyi bizonyos, hogy az erős hullámverés zónájában, sekély tengerben éltek. Ha a kagylók sorában előforduló analóg esetekből következtetünk, feltételezhetjük, hogy az egyenlőtlen teknőjű alakok esetleg helyhez nőtt életmódot folytattak a korallzátonyok mellett. Különben is egy ilyen hatalmas vastag nehéz héjat hurcoló állat semmiesetre sem lehetett nagyon mozgékony. Véleményem szerint leginkább azt a magyarázatot fogadhatnánk el, hogy a héjat kívülről valami rázuhanó nehéz tömeg sértette meg, vagypedig valami üregbe szorulva a héj hosszabb ideig állandó nyomásnak volt kitéve, s ez a nyomás a héjat egy vonal mentén beroppantotta. A benyomott héjrészlet vonalán természetesen a köpeny is benyomódott és a hasadék mentén a gyöngyképződéshez hasonlóan az állandóan izgatott köpenyfelület egy védőburkot választott ki.

Erre utalna szerintem az is, hogy a barázdában a hosszirányra merőlegesen forradásnyomok láthatók, melyek a sérült köpenyrész regenerálódásakor jöhettek létre. Ily módon a teknő belső oldalán egy erősen kiemelkedő hosszanti léc húzódott volna, s ez a kőbélen mint egy erős barázda jelentkezik.

Igen örvendetes lenne, ha ez a lelet ráterelné úgy a paleontológusok, mint a zoológusok figyelmét hasonló leletek felkutatására és azokról alkotott vélemények kicserélésére.

Hasonló leletek bizonyára akadnak elrejtve más múzeumokban is. Ezek felkutatása és ismertetése elősegítené, hogy némileg többet tudjunk a gerinctelenek paleobiológiájáról és paleopathológiájáról is. Ehhez azonban szükséges volna, hogy a zoológiában is több figyelmet szenteljenek hasonló kérdéseknek, mert bizony a zoológiai irodalom is kevés támpontot szolgáltat.

Ugyanez a helyzet a fosszilis gyöngynyomok esetében is. Remélem, hogy ezzel a kérdéssel a jövőben is lesz módom foglal-

kozni és alkalom kínálkozik majd néhány gyüjtemény átkutatására. Meggyőződésem, hogy számos múzeumban fekszenek fosszilis gyöngynyomokat, talán gyöngyöket tartalmazó kövületek, amit bizonyít az is, hogy a budapesti Egyetem kis gyüjteményében is sikerült egy összehasonlításra itt felhasznált fosszilis gyöngynyomot tartalmazó kagylót találni. A nagy gyüjteményektől ezen a téren még többet várhatunk.

(A M. Tud. Akadémia III. osztályának 1936. dec. 14-én tartott üléséből.)

DIE ÄLTESTE FOSSILE PERLE UND VERLETZUNSSPUREN AN EINEM TRIADISCHEN MEGALODUS.

Von A. KUTASSY.

Verfasser fand an der rechten Klappe des Steinkernes von *Megalodus amplus* KUTASSY [1] aus der Obertrias des Vértesgebirges in Ungarn mehrere Perlenspuren und eine mächtige Furche, die auf pathologischen Grund zurückzuführen ist. Nach Verfasser sind bisher in der Literatur 27 Fälle von Perlenbildung bei fossilen Mollusken und 1 Fall bei Cephalopoden bekannt. Diese Angaben werden ausführlich aufgezählt und die Perlen in 3 Typen eingereiht (s. ungarischen Text), *a)* Perlenabdrücke am Steinkern (1—4), *b)* perlenartige Wucherungen (perlenartige Protuberanzen und angewachsene Perlen (5—12), *c)* wirkliche Perlen (13—27). Die betreffende Literatur ist bei den einzelnen Arten ausführlich erwähnt. (Lit. 2—34.) Auf Grund der literarischen Daten ist es zu ersehen, dass die Spuren der Perlenbildung in den verschiedensten Ordnungen der fossilen Muscheln anzutreffen ist. Die bis jetzt bekannt älteste Perle ist bei einer jurassischen Muschel zu sehen, während der Grossteil der Funde in die Kreideperiode fällt. Die Anzahl der tertiären und quartären Funde ist verhältnismässig sehr gering.

Der ungarländische Fund ist auf Grund deren vom Gesichtspunkte des geologischen Alters am ältesten.

Unter den Perlenspuren des *Megalodus amplus* aus dem Vértesgebirge sind zweierlei Typen zu unterscheiden. In die erste Gruppe gehören die in die Oberfläche des Steinkernes sich hineintiefenden Perlenabdrücke, in die andere die Reste, bzw. die Abdrücke der wirklichen Perlen. (Textfig. 1.)

In der Nähe des Hinterrandes der Schale sind drei nach innen

sich allmählich schmälernde Abdrücke zu sehen, deren Durchmesser 4—5 mm beträgt. (Textfig. 1. I, II, III.) Aus der merkwürdigen Form zu schliessen, sind diese Abdrücke auf keinen Fall die Spuren von freien Perlen, sondern an der Innenseite entwickelte perlenartige Wucherungen. Die auf Grund der Literatur bis jetzt bekannten und an der Innenseite der Schale vorkommenden Wucherungen, sind alle mehr-minder regelmässige oder unregelmässige kugelige Bildungen.

Solche fossilen Perlenbildungen, die nach innen zu mehr zugespitzt werden, waren bis jetzt nicht bekannt. Ein Fund in der Sammlung des geologischen Instituts der Pázmány-Universität in Budapest hat nun bewiesen, dass auch derartige Bildungen vorkommen können. Aus der Mokattam-Stufe des ägyptischen Eozäns von Wadi el Tih (in der Nähe von Kairo) befindet sich in dieser Sammlung ein Exemplar von *Carolia placunoides*, bei welchem an der Innenseite der Schale an der linken Seite des Muskelabdruckes eine auffällige perlenartige Wucherung zu sehen ist (Textfig. 2), welche an ihrer Basis am breitesten ist und nach oben zu allmählich zugespitzt wird. An der Innenseite der rechten Klappe von *Megalodus amplus* KUTASSY aus dem Vértesgebirge waren drei ähnliche perlenartige Protuberanzen; am Steinkern sind die Abdrücke derselben zu sehen. Die morphologische Ähnlichkeit wird auch durch Textfig. 2 b. bestätigt, welche von den Abdruck des obersten Perlenabdruckes gemacht wurde. Am Steinkern von Megalodus aus dem Vértesgebirge sind aber auch die Spuren echter Perlen zu entdecken. Über die Abdrücke der oben erwähnten perlenartigen Wucherungen ebenfalls in der Nähe des Hinterrandes (Textfig. 1. IV) befindet sich eingebettet eine wirkliche Perle. Die Gestalt dieser Perle ist ein wenig verlängert, Längsdiameter 3·4 mm, Querdiameter 2·5 mm. In der Vertiefung ist auch die Perle selbst zu sehen, d. h. eine Hälfte von ihr, da die andere Hälfte mit der Absonderung der Schale in Verlust geraten ist. Das Material der Perle ist bereits ganz umkristallisiert. Im Dünnschliff wäre vielleicht die konzentrische Struktur noch zu erkennen, das Material ist aber nicht herauszupräparieren, sodass man auf die Herstellung eines Dünnschliffes verzichten musste. An derselben Klappe, dem Wirbel näher, befindet sich die Vertie-

fung einer wirklichen Perle, aus der aber bereits auch die Perle selbst völlig fehlt.

Auf Grund deren lässt sich feststellen, dass wir mit dem ägyptischen Funde zusammen bis jetzt in 29 Fällen bei fossilen Lamellibranchiaten Perlenbildung beobachten konnten. (Die Anzahl der Perlenbildungen kann bei einem Exemplar auch recht bedeutend sein.) Unter denen der älteste Fund der hier erwähnte Fall von *Megalodus amplus* ist. Aus Ungarn ist dieser Fund der erste, aus Deutschland sind drei Funde (aus dem Jura, der Kreide und dem Tertiär je 1) bekannt; (der Fundort des Fundes Nr. 27 ist mir noch nicht bekannt). *Aus Europa sind daher bis jetzt insgesamt vier Fälle von fossilen Perlenbildungen bekannt.*

Eine andere interessante Erscheinung, die bei derselben Muschel, ebenfalls an der rechten Klappe, zu beobachten ist, ist eine mächtige Vertiefung, welche nur auf eine Verletzung zurückzuführen ist. Diese Verletzungsspur befindet sich an der Grenze des zweiten und dritten Drittels des Steinkernes, bedeutend höher als der Höcker des vorderen Muskelabdruckes. Die Spur der Verletzung beginnt am Lunularande und von hier zieht sie sich fast parallel dem Rande des Steinkernes gegen den Hinterrand. Die Furche ist am Anfang am Lunularand am breitesten und tiefsten, von hier nach hinten zu wird sie allmählich schmäler und seichter, bis sie sich völlig verflächt. Die Länge beträgt etwa 95 mm, die Breite beim Beginn etwa 24—25 mm, die Tiefe ebenda 6—7 mm. Da die Masse der Furche zu gross sind, ist diese Spur keinesfalls durch Parasiten verursachte Verletzung zurückzuführen. Es kann sich hier nur um eine pathologische Veränderung des Mantels oder durch äussere Wirkung verursachte Verletzung handeln.

Während derartige Verletzungsspuren pathologischen Ursprungs sowohl bei fossilen, als auch rezenten Nautiliden oft beobachtet wurden, sind meines Wissens bei fossilen Muscheln solche Erscheinungen bis jetzt noch nicht beschrieben worden.

Eine ähnliche Verletzung beschrieb Loesch bei einem Nautilus aus dem Jura Frankreichs (l. cit. Taf. VII). Am Externteil von diesem Nautilus ist eine etwa 29 mm lange und etwa 8 mm breite Furche vorhanden, die an dem Teil gegen die Luftkammern zu allmählich seichter wird.

Bei rezenten Nautiliden beobachtete WILLEY ähnliche Furchen an der Externseite (l. cit. Fig. 15), wo aber die Furche bereits am Mundrand beginnt und in gleicher Breite und Tiefe gegen die inneren Windungen verläuft. Nach LOESCH ist diese pathologische Furche nicht die Spur von einer äusseren Verletzung, sondern entstand infolge der unregelmässigen Entwicklung der Schale und ist auf eine temporäre, lokale Erkrankung des Mantels zurückzuführen. Solange diese Erkrankung dauerte, entwickelte die Schale abnormal, sobald die pathologische Ursache nicht mehr wirkte, trat wieder die normale Schalenbildung ein.

Das Megalodus-Exemplar wurde im Vértesgebirge bereits ohne Schale gefunden, sodass es nicht mehr festzustellen war, welche Veränderungen der Schale der Furche am Steinkern entsprechen. Die Gestalt der pathologischen Furche entspricht morphologisch in vielen Hinsichten der von LOESCH abgebildeten Nautilus-Furche.

Ein wichtiger Unterschied besteht jedoch in der Form der Furche. Während nämlich die Furche bei den Nautiliden von LOESCH am tiefsten Teil am engsten ist, ist die Furche am Megalodus aus dem Vértesgebirge am breitesten Teil am tiefsten, und parallel mit der Verengerung wird sie seichter.

Ein anderer wichtiger Unterschied besteht in der Tatsache, dass die pathologische Furche von Megalodus anders liegt als die bei Nautilen von WILLEY und LOESCH. Die Furche der Nautilen liegt senkrecht auf den Rand des Schalenmantels, während am triadischen Megalodus die pathologische Furche parallel mit dem Mantelrand abläuft. Diese Tatsache widerspricht nach meiner Meinung der gemeinsamen Ursache der Verletzungen.

Beim jurassischen Nautilus handelt es sich um die pathologische Veränderung eines etwa 8 mm breiten Mantelteiles, welcher von beiden Seiten von gesunden Mantelteilen begrenzt wird. Beim Megalodus haben wir mit einem ganz anderen Fall zu tun. Hier sollten wir annehmen, dass der Mantelrand entlang einer mehr als 9 cm langen Linie erkrankte und diese Abnormität grossen Grades binnen sehr kurzer Zeit heilte (da die Furche nur 24—26 mm breit ist) und die normale Entwicklung der Schale setzte sich gleich fort. Es ist sehr wahrscheinlich, dass eine derart lange Ver-

letzung oder Veränderung des Mantelrandes einen baldigen, wenn nicht plötzlichen Tod für das Tier bedeutet hätte. Das war aber hier nicht der Fall, da die später entwickelten Teile der Schale völlig normal ausgebildet sind. Man dürfte auch nicht daran denken, dass beim Öffnen der Schalen ein Fremdkörper zwischen dem Mantel und die Schale kommen könnte, weil in diesem Falle am Schalenrand die Kontinuität der Mantelbildung hätte aufhören müssen. Der Fremdkörper hätte unter solchen Umständen den Mantel vom Unterrand der Schale getrennt. Meines Erachtens konnte die Verletzung beim Megalodus — im Gegensatz zu Nautilus — nur nachträglich zustande kommen und muss auf solche äussere Wirkung zurückgeführt werden, die auf das Tier in einer Zeit wirkte, als die Schalenbildung bereits über die Furche fortgeschritten war.

In der Reihe der Megalodonten kommen nämlich Formen mit gleichen und ungleichen Klappen vor. Über ihre Lebensweise ist ziemlich wenig bekannt. Aus der Natur der Begleitfaunen und der Dicke der Schalen zu schliessen, müssen wir annehmen, dass sie im Seichtmeer in der Zone der strakten Brandung lebten. Auf Grund der Analogiefälle vermuten wir, dass die Formen mit ungleichen Klappen an den Meeresboden angewachsen gelebt haben dürften, in den Nähe der Riffe. Jedenfalls konnte ein Tier mit so schwerer Schale nicht sehr beweglich sein. So glaube ich, dass die Schale durch das Niederfallen eines schweren Körpers verletzt wurde, oder dadurch, dass das Tier in eine Spalte eingeengt wurde und durch dieses lang andauernde Stadium infolge des grossen Druckes dann die Schale diese Vertiefung erlitten hat. Entlang der Linie des verletzten Schalenteiles erlitt auch der Mantel eine Vertiefung und dann die ständig geritzte Oberfläche des Mantels eine Schutzhülle abgesondert hat.

Darauf weist meines Erachtens auch die Tatsache hin, dass in der Furche senkrecht auf die Längsrichtung Narben zu sehen sind, die mit der Regenerierung des verletzten Mantelteiles hätten zustande kommen können. So entstand an der Innenseite der Schale eine mächtige Leiste, welcher am Steinkern eine Furche entspricht.

Es wäre sehr erfreulich, wenn dieser Fund das Interesse der Paläontologen, sowie der Zoologen auf ähnliche Fälle lenken

würde, damit die diesbezüglichen Meinungen dann gegenseitig besprochen werden können.

Ähnliche Funde sind wahrscheinlich auch in anderen Museen versteckt. Wenn man diese aufsuchen und beschreiben würde, würde unsere Kenntnis über die Paläobiologie beträchtlich gereichert. Dazu wäre es aber sehr notwendig, dass auch in der Zoologie ein grösseres Interesse dieser Frage gewidmet wird, da auch die zoologische Literatur diesbezüglich recht wenige Anhaltspunkte liefert. Dasselbe betrifft auch die Frage der fossilen Perlen. Hoffentlich werde ich in der Zukunft noch Gelegenheit haben mich mit dieser Frage weiter zu beschäftigen und einige Museen durchzusehen. Es ist meine feste Überzeugung, dass in vielen Museen noch fossile Muschel sind, die Perlenspuren oder Perlen selbst bergen, wenn auch in der kleinen Sammlung des geologischen Instituts der Budapester Universität eine Muschel gefunden werden konnte, die als Vergleichsobjekt untersucht werden konnte. Von den grossen Sammlungen ist in dieser Hinsicht noch viel zu erwarten.

(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften vom 14. Dez. 1936.)

A DAGANATOK SZEREPE AZ ÉLETFOLYAMATOK SZABÁLYOZÁSÁBAN.

VEREBÉLY TIBOR r. tagtól.

(Székfoglaló értekezés.)

Fogadja a t. Akadémia megválasztatásomért hálás köszönetemet. Az ebben rejlő kitüntetést szerény munkásságom legszebb jutalmaként, szakmám: a gyakorlati sebészet legnagyobb elismeréseként értékelem.

Ennek átérzésében mai értekezésem tárgyát is a gyakorlat köréből választottam, bizonyítani kívánván, hogy a sebészet helyesen megfogva, a biológiai kísérleti tudományok egyike, talán legnehezebbike, mely az emberi élet szövődményes titkait kutatja. Az élet nagy kérdései közül a daganatok problémája régóta foglalkoztatja a vizsgálókat s a címben jelzett vonatkozásban matematikai hasonlattal úgy jellemezhető, hogy alapjában véve egyenlet két ismeretlennel, amelyek közül egyik a daganatok lényege, a másik az életfolyamatok szabályozása.

A *daganatok*nak, ahová szokás sorolni bizonyos jelentéktelen szövetszaporodásoktól kiindulva, fel a szövődött szerkezetű és ellenségesen pusztító rákokig a legkülönbözőbb növedékeket, meghatározása ezideig negatívumban merül ki. Daganat ugyanis e szerint minden olyan sejtszaporulat, amelynek sem okát, sem célját a szervezetben nem ismerjük. Bár a szervezet saját sejtjeiből indul ki, végeredményében valami idegen, a szervezetben önálló életet folytató élősdi, melynek nincs szerepe a szervezet correlatiós rendjében.

Az régóta hangsúlyozott törvényszerűség, hogy a daganatsejtek megtartják annak a sejtféleségnek a jellegét, amelynek le-

származottjai. A kórbonctan ezt úgy fejezi ki, hogy a daganatszövet olyan elfajulásokra hajlamos, mint az anyaszövet. A laphámeredetű daganatokban elszarusodás, a hengersejtűekben elnyákosodás, a festékes sejtekből fejlődő melanomákban festéklerakódás jellemző. A csonteredetű daganatokban csontképzés, a májsejtdaganatokban epeelválasztás folyik; a pajzsmirigydaganatokban colloidtermelést találunk, és így tovább. Sőt a rákok kötőszövetes vázának, a stromának elváltozásai is többnyire azonosak az elsődleges rákban és az áttételes gócokban, annak dacára, hogy a vázat mindig a megtámadott szerv kötőszövete szolgáltatja. Ha az elsődleges rák alapszövete rostos-hyalinos vagy kocsonyás, az áttételes gócok váza is hasonló lesz; olyan sajátosság, mely a ráksejtek és a váz szorosabb, a ráksejtekhez kötött vegyi symbiosisára utal s reányomja a kiindulási szerv szöveti bélyegét nemcsak az elsődleges daganatokra, hanem az áttételekre is. Arra is tudunk példát, hogy valódi daganatszövet távolról jövő ingerek, hormonok hatására ugyanúgy felel, reagál, mint az anyaszövet; így ismeretes, hogy az emlőbeli adenofibroma éppúgy tejet választ el a gyermekágyban, mint az emlő és hogy a méhbeli myomásgöb a havibaj alatt éppúgy összehúzódik, mint a méh maga. De hogy az ilymódon alakilag a megfelelő szerveket utánzó daganatok vegyi életfolyamatai milyen szerepet játszanak a szervezet háztartásában, az ezidőszerint kevéssé ismeretes.

A soksejtű lények élete ugyanis az azokat alkotó életelemek működésének eredője. Az *egyéni élet* harmóniáját ezeknek a részműködéseknek összehangolása biztosítja. Eltekintve azoktól a mechanikus és symbiotikus, valószínűleg vegyi vonatkozásoktól, melyekkel szomszédos sejtek egymás életét befolyásolják, voltaképpen a szervezet valamennyi sejtje résztvesz az egésznek életében a sejteket körüláramló vér és a sejteket befonó ideghálózat közvetítésével. A sejtek a *vérből* kapják táplálékukat, amely életüknek és különleges működésüknek energiaforrása. A sejtek a vérbe adják le anyagcseréjük termékeit; ezeknek egyrészét azután a szervezetnek arra hivatott sejtjei salakként kiküszöbölik a vérből; más részét bizonyos sejtek táplálékként értékesítik vagy elraktározzák; míg a harmadik részlet mint vegyi inger, hormon, arra hangolt, aziránt érzékeny sejtek működésének szabályozására, fokozására.

csökkentésére vagy teljes felfüggesztésére szolgál. Az *ideghálózaton* futnak végig a külvilág energiás behatásai és a szervezet belső energiaváltozásai, mint ingerületek, melyek az ilyenekre beállított sejtek életműködéseit kormányozzák. Ezen két berendezés tökéletesen fínom együttműködését, correlatióját eziódszerint még csak legelemibb részleteiben ismerjük.

Az kétségtelen, hogy a daganatok élete sem lehet közömbös a gazdaszervezetre. Növekedése kapcsán mechanikusan minden daganat okozhat a megtámadott szerv működésében zavart; éspedig vagy az összenyomás okozta sorvasztás, illetve izgatás, vagy a beszüremkedő növés-okozta roncsolás folytán. Az is bizonyos, hogy minden daganat ártalmas, sőt veszedelmes lehet az egész szervezetre, mert a saját életéhez szükséges anyagokat a szervezettől elvonja (atrepsia) és mert anyagcseretermékeivel a gazdaszervezetet károsíthatja (intoxicatio).

De arra, hogy a daganatok termelnek-e a szervezet normális életműködéseit serkentő vagy bénító hormonokat, ezideig alig ismer kétségtelen bizonyítékot a kórtan. Nem mintha az idesorolható esetek irodalma nem volna bőséges, hanem mert a többnyire casuistikusan közölt esetek értelmezése két szempontból felette nehéz.

Elsősorban nehézséget okozhat annak eldöntése, hogy valamely szerv megnagyobbodása daganatnak, neoplasmának minősítendő-e, avagy túltengés (hypertrophia), illetve fejlődési hiba okozta szövetszaporulat, tehát teratoma, choristoma, hamartoma-e? Működésében elméletileg szükségképpen más jelentőségűnek kell lennie az anyaszövettel alakilag teljesen megegyező túltengésnek, a szöveti szerkezetében csak módosult daganatnak és a teljesen eltérő teratomának. S ha mégis különböző szerkezetű elváltozások hasonló tüneteket okoznak, a magyarázat másban s nem a hormonális berendezésben keresendő. Legszembetűnőbb ez a tobozmirigy nevű agyfüggelék változatos daganatain, melyek gyakran társulnak korai testi, nemi, lelki érés tüneteivel.

Másodsorban számolni kell a daganatok hormonális működésének vizsgálatánál mindazon bonctani, szövettani és működési viszonyokkal, amelyek a daganat és a kiindulási szerv, továbbá az elsődleges szerv és a megfelelő szervrendszer, illetve a szervezet között fennállanak.

Olyan szervek daganatai, melyek elválasztásuk termékeit *csőrendszeren* át a test külső vagy belső felszínére szállítják, hogy ott használtassanak valamely működés elvégzésére vagy onnét ürítessenek ki, az ilyen vizsgálatokra nem alkalmasak. A daganatok mirigyutánzatai ugyanis sohasem közlekednek az illető szervek kivezető csöveivel, s így termékük, ha hatásában egyenértékű volna is a szerv váladékával, élettanilag nem értékesíthető. Kórboncnok koromban gyüjtött, majd a klinikámon operált elsődleges májrákok májbeli gócaiban és áttételeiben én is éppúgy, mint először 1877-ben PERLS, majd később ASKANAZY és mások említik, találtam jellemző eperögökkel telt epecapillarisokat. Minthogy ezekből az epe nem ürülhet a nagyobb epeutakba, csak felszívódhatik a vérutak felé, ennek az epének legfeljebb a májdaganatokat kísérő sárgaság létrehozásában lehetne szerepe, amint azt annak idején eseteim kapcsán felvettem, de nem értékesíthető, mint emésztő folyadék.

Valamely szervben fejlődő daganat sorvaszthatja az illető *szerv állományát* úgy, hogy ezzel arányosan csökkenhet a működése *(hypofunctio)*, vagy fordítva a szerv meg nem támadott részeit pótló túltengésre izgathatja, aminek túlzott *(hyperfunctio)* vagy megváltozott működés *(dysfunctio)* lehet a következménye anélkül, hogy ebben a daganatnak magának functionalis szerepe volna. Ha a pajzsmirigy állományában fejlődő tömlős golyvagöb nyomásával sorvasztja a mirigy működő állományát, hypothyreosis, tehát myxoedema vagy cretinismus, ha pótló burjánzásra izgatja, hyperthyreosis, tehát basedow lesz a göb kísérője, de természetesen nem hormonális következménye.

Páros szervek egyikében fejlődő daganat pótló túltengésre, sőt túlműködésre izgathatja a másikat, amikor is az ennek következményeként jelentkező életmódosulások tévesen a daganat közvetlen hatásaiként értelmezhetők.

Azon szoros *vonatkozás* (correlatio) folytán, amelyben bizonyos szervrendszerek, nevezetesen a belső elválasztásos gyűrű egyes tagjai egymással állanak, lehetséges, hogy az egyik tagnak daganatos pusztulása, illetve átalakulása a rendszer egyéb tagjaiban idéz elő olyan elváltozást, amely a szervezet összmunkáját módosítja ismét a nélkül, hogy ebben a daganatnak közvetlen része volna.

Ezek a meggondolások legújabb keletűek annak a kétségtelenül megállapított ténynek elbírálásában, hogy bizonyos daganatok aránylag gyakran társulnak jellemző, az egyéni fejlődés, a nemi kialakulás vagy az anyagcsere zavaraiból származó kórképekkel. Nem célom az irodalomban ismeretes összes lehetőségek felsorolása, csupán saját eseteimet fogom áttekinteni és belőlük a tanulságot levonni. Sőt a másutt részletesen leírt esetek közül is csak három példát ismertetek itt röviden, hogy azután az összefoglalásra térjek át.

Az első csoportba: a *korai nemi érés (pubertas praecox)* négy esete tartozik. Ezek közül két érdekes a következő:

I. *Hatéves leányka* szüleinek azzal a panaszával került elém, hogy mióta hasa úgy növekszik, mint terhes nőé, ő maga is kis miniatür asszonnyá alakult át. Testalkatának viszonylagos méretei tényleg asszonyosak voltak; jól fejlett emlők, bőséges fan- és hónaljszőrzet, mély alt hang, asszonyias nemi szervek menstruatióval és terhes méhet utánzó alhasi daganat voltak a testi jellegei. Ehhez a férfiakhoz való vonzódás és bizonyos nőies kacérság csatlakoztak mint lelkitünetek. A kiirtott daganat emberfejnyi petefészek-újképlet volt, bőséges visszeres hálózattal az egész medencében, ahol 20 éves nő méhének megfelelő nagyságú méh és diónyi túloldali ép petefészek mellett feküdt; szövetileg pedig hámelemek nélküli fibrosarkomának bizonyult.

Egy évvel a daganat kiirtása után mint testileg-lelkileg normális kis leányt mutatták be újra, akinek a multból, mint rossz álomból nem maradt más vissza, csak a mély hangja. 22 évvel a műtét után pedig mint menyasszony jött el ismét, elmondva, hogy élete a műtét után úgy folyt le, mint bármelyik kortársáé: a gyermekévek után 15 éves korában lett serdülő leányka, akkor jött meg a rendes havi vérzése s akkor kezdett szőrözete és emlője újból fejlődésnek indulni.

II. A másik, *kétéves* fiúcskát, mint csodagyermeket hozták szülei a klinikára. Korához képest magas termete mellett feltűnt nekik hatalmas izomzatú, valóságos herkulesi alakja, túlfejlett hímvesszője, galambtojásnyi herái, bőséges arc-, hónalj- és fanszőrözete, mély, férfias hangja s az, hogy erős erectio közben gyakran onanisált. A vizsgálat ezen nemi eltéréseken kívül a jobb ágyék-

tájon daganatot mutatott ki, amely az ép, lefelé szorított vese felett ülő $1^1/_2$ férfiökölnyi mellékvesedaganatnak bizonyult s egészében kiirtható volt. Szövettanilag a daganat a régebben gliomának tartott, újabban sympathogoniomának nevezett daganat jellemző képét adta, amely a mellékvese velőeredetű daganatai közül, szemben egyrészt a ganglioblastoma és gangliocytomával, másrészt a phaeochromoblastoma és phaeochromocytomával, a legéretlenebb, a legkevésbbé differentiált.

A gyermek a műtét után meggyógyult és $1^1/_2$ év mulva mint normális kisgyermeket mutatták be szülei, akinek nemcsak bonctani stigmái tűntek el nyomtalanul, hanem viselkedése is újra gyermekies lett. $2^1/_2$ évvel a műtét után újra elhozták azzal, hogy multja megint kísért, a férfiasság megint kiüt rajta s egyúttal daganat nő a fején. A gyermekökölnyi daganat a koponyaboltozatban, nevezetesen a jobb falcsontban ülő, az eredetivel azonos szerkezetű áttétel volt, amely a csontot teljesen elpusztította, összekapaszkodott az agyburokkal s egyúttal átvette az anyadaganattól a nemiséget irányító képességét. A heroikus műtétbe a kis beteg belehalt, úgyhogy tragikus, a világirodalomban egyedülálló sorsa félbeszakadt.

A *második* csoportból: a nemi kialakulás zavarai közé sorolt három esetet, melyek a hirsutismus, a virilismus és a hermaphroditismus egy-egy esetére vonatkoznak, átugorva, a *harmadik* csoprt esetét szeretném még ismertetni, mert hasonló nincs közölve az irodalomban.

III. 35 éves, súlyosan basedowos asszonyhoz azon panasza miatt hívtak, hogy bal, hosszabb ideje rheumás karja minden külső behatás nélkül hirtelen úgy megbénult, hogy felemelni képtelen. A látszólagos bénulás oka a felkarcsont testének spontán törése volt a felső harmadban, éspedig a röntgenképen jól látható tyúktojásnyi tömlő helyén. A töréses tömlőt szabad csont- és zsírátültetéssel megoperáltam, aminek kapcsán kiderült, hogy a tömlő falának $^1/_2$ cm vastag, kiirtott bélése colloid-golyva szerkezetét mutatja. Ez a csontbeli tömlős golyva az egyébként ép pajzsmirigy lobus pyramidalisában ülő mogyorónyi göbnek *(struma nodosa colloides metastatisans)* áttétele volt. A kis göböt utólag szintén kiirtottam. Nemcsak a törés gyógyult meg teljes működéssel,

hanem a basedow is. Kétesztendei teljes egészség után a jobb lapocka lemezében támadt gyermeköklönyi csonttömlője, amellyel egyidejűleg újra megjelentek a basedowos tünetek is. A csonkolt lapockában ugyancsak golyvatömlőt találtam, melynek eltávolítása után a basedow is újra eltűnt. Egy évig csend volt; ekkor azonban megint kezdtek mutatkozni a hyperthyreosis tünetei, amivel párhuzamosan a 7—8. háti csigolya roppant össze tömlős golyvás áttétel pusztítása folytán. Az összelapult csigolyák helyén nyomás alá került a gerincagy s a köldöktől lefelé megbénult az egész test. Ezt a csigolyagolyvát is sikerült eltávolítani. De a műtét hatásának teljes kifejlődésére, a basedowos tünetek átmeneti enyhülése után, nem volt idő, mert a beteg a rákos golyvasejteknek az egész csontrendszerre bekövetkezett szétszóródása folytán, rohamosan súlyosbodó basedow és senyvedés tünetei közepette meghalt. Valamennyi csontáttétele jellemző colloidos-golyva szövettani képét mutatta.

Mennyiben értékesíthetők már most eseteim a daganatok endokrin működésének, vagy mint PARKES WEBER mondja, «endokrin daganatok» létezésének bizonyítására?

Általánosságban három megállapítás szögezendő le eseteim áttekintésénél. *Először* is mind a nyolc eset a belső elválasztásos rendszer egy-egy tagjának elváltozására vonatkozik, amely rendszer a maga összességében az egyén fejlődését és anyagcseréjét szabályozza. A daganatok közül hét a nemi kifejlődés zavarával társult, nevezetesen négy korai nemi éréssel, kettő a nemi jelleg eltolódásával és egy téves nemi kialakulással; a nyolcadik anyagcserezavar súlyos kórképével: basedowval járt együtt. *Másodszor* valamennyi elváltozás kétségtelenül daganat és nem túltengés volt. Éspedig: négy hámeredetű rák, kettő kötőszövetes eredetű sarkoma, egy teratoma, egy pedig ébrényi idegsejtekből álló sympathogonioma. *Harmadszor* a daganatok közül három (éspedig két hámeredetű és a sympathogonioma) áttételeivel kétségtelenül rosszindulatúnak bizonyult, míg négy szövettani szerkezete alapján volt rosszindulatúnak minősíthető; a teratoma — bár kétoldali heredaganat volt — mindkét szempontból jóindulatúnak látszott.

Kórképek szerint csoportosítva *korai nemi éréssel* társult eseteim közül: két petefészek, egy here és egy mellékvesedaganat. Ezek közül annak a felfogásnak, hogy a nemiséget szabályozó

hormont a belső elválasztásos szervek hámelemei termelik, csak a gyermekkorban felette ritka granulosa-sejtes petefészekrák és a heredaganat felel meg. Az utóbbi mint kétoldali (tubularis adenomás) teratoma a rendes hereszövetből semmilyen elemet, sem ondócsatornácskákat, sem közti sejteket nem tartalmazott. Viszont azzal, hogy a castratio után a korai érettség összes tünete visszafejlődött, azt teszi valószínűvé, hogy a daganat mégis hormonális hatást fejtett ki, bár a gyermek egyéb szervei, nevezetesen a mellékvesék — minthogy a kis beteg zavartalanul meggyógyult — nem voltak ellenőrizhetők. A közvetlen hormonális hatás így csak felvétel maradt.

Nehezen értelmezhető a másik két eset: a mellékvese sympathogoniomája és a petefészek fibrosarkomája.

A korai nemi fejlődésnek az irodalomban ismertetett eseteiben a kórokozó gyanánt szereplő *mellékvesedaganat* kivétel nélkül kéregeredetű volt s az esetek túlnyomó többségében leánygyermekeken jelentkezett. Velődaganatok kíséretében eddig csakis hyperadrenalinaemiát s annak következményeként fokozott vérnyomást (hypertoniát) láttak. Ilyen hatás is csak akkor mutatkozott, ha a daganatok a sejtdifferentiálódásban eljutottak a chromaffinsejtekig, amikor is ez a hypertonia tényleg a hormontermelés bizonyítékának tekinthető. A teljesen éretlen sympathogoniomák és a ganglionsejtek felé fejlődött ganglioblastomák hormonalis működésére ezideig nem ismertünk példát. Esetem tehát mint sympathogonioma ebből a szempontból egyedülálló, aminthogy ritka abban is, hogy fiúgyermeket illet. Az, hogy az elsődleges daganat kiirtása után a korai érés tünetei visszafejlődtek, az áttétel megjelenésével egyidejűleg pedig újra kibontakoztak, másként, mint hormonális úton nem magyarázható. Sajnos azonban, boncolás hiányában a hatás mikéntje pontosan nem állapítható meg. Nem zárható ki ugyanis, hogy az egyik mellékvese teljes pusztulásának pótlására a másik mellékvese egész állománya fokozottabb mértékben túltengett s voltaképpen ennek a hyperplasiának az eredménye volt a korai nemi érés. Ha viszont a mellékvesének fejlődésében és alakiságában különböző két részlete: a kéreg és a velő közt valamelyes működési kapcsolatot feltételezünk, úgy lehetséges, hogy az egyik résznek, esetemben a velőnek daganatos túltengése

működési elváltozást okozott a másik részben, tehát a túloldali kéregben. Mindkét lehetőség mellett azonban nehezen érthető a műtét hatása. Legvalószínűbb tehát, hogy a sympathogonioma ébrényi sejtjeinek daganatos burjánzása váltotta ki hormonális úton a korai nemi érést, ha igaz az, hogy bármilyen eredetű és localisatiójú ébrényi szövetnek működést fokozó hatása van az ivarmirigyekre.

Nagyjából ugyanilyen meggondolások érvényesíthetők a *petefészek fibrosarkomájával* társult korai nemi érés esetében is. Ez utóbbinak összefüggése az ivarmirigyek daganataival a legrégebben hivatkozott példája az endokrin daganatoknak. Mint Askanazy említi, Kussmaul már 1862-ben ugyancsak petefészeksarkomával kapcsolatban bírálat tárgyává tette a korai nemi érés addig ismert eseteit s jutott arra a következtetésre, hogy a fiatal sejtek burjánzásán és a daganatnövést kísérő medencebeli vérbőségen kívül «valami egyéb tényezőnek» is kell szerepelnie a korai érés kiváltásában. Mindenesetre meglepő, hogy a petefészek legkülönbözőbb értékű sejtjeiből fejlődött daganatok: jóindulatú fibromák, teratomák, különböző szerkezetű hámrákok és sarkomák társulhatnak korai nemi éréssel. A nélkül, hogy az összefüggés elméleti lehetőségeinek megvitatásába bocsájtkoznám, csak azt a két valószínűséget említem, amely szerint esetemben a correlatio magyarázható. Lehetséges, hogy a daganat növekedésével lépést tartó hatalmas medencebeli vérbőség fokozott, korai fejlődésnek indította az ép túloldali petefészket, amely hormonális úton a méh közbeiktatásával váltotta ki a másodlagos nemi jellegeket. A korai érés ez esetben csak másodlagosan volna a daganat hormonális következménye; ilyen értelmezés mellett szólna a havi vérzés cyklikus volta olyan daganat kíséretében, mely tüszőket nem tartalmaz. Ez esetben természetesen a bennmaradt korai fejlettségű petefészeknek a daganat kiirtása után vissza kellett térnie gyermekies állapotába hogy a leányka további élettörténete megérthető legyen. A másik lehetőség az volna, hogy a daganat maga fejtett ki érlelő, hormonális hatást a méhre és az egész szervezetre, amely erre a másodlagos nemi jellegek kifejlődésével felelt. E mellett szólna, hogy a daganat kiirtását nyomon követte a korai érés minden jelének fokozatos eltűnése s a további élet rendes kialakulása.

A nemiség hibás kialakulását *hermaphroditismus* néven szokás jelölni. Bár a fogalom a classikus ókor óta foglalkoztatja az emberek képzeletét és tudásvágyát, s bár az állatvilág bevonásával ma már kísérletileg is tanulmányozható, ezideig sem körülhatárolásában, sem felosztásában, legkevésbbé pedig keletkezésének magyarázatában nem sikerült egységes álláspontra jutni. Különösen érzi ezt az, aki klinikailag észlelt vagy akár műtett eseteket kíván rendszerbe foglalni. Vitás lehet az, hogy — mint az én esetemben is — teljes gáti hypospadiasis borékhasadással, krypthorchismussal és csökevényes másodlagos női jelleggel, a hermaphroditismus keretébe tartozik-e? De ha ez a kép daganattal társult, a kérdés ugyanaz marad, mint hermaphroditismusnál: van-e a kettő között okozati összefüggés? Az irodalomban (NEUGEBAUER, PICK, JAFFÉ és TANNENBERG) ismertetett hermaphroditáknak körülbelül 4%-a volt szövődve daganattal, amiből 3%-a mellékvese, 1% az ivarmirigyek daganataira esik. PICK 31 olyan esetet gyüjtött össze, amelyekben a hermaphroditismus ivarmirigydaganattal társult; ebből kilenc volt hímhermaphrodita, akiknek a daganata túlnyomórészt hereteratoma volt. Olyan Leydig-sejtes daganat, mint esetemben, nem szerepel az ő casuistikájában s egyébként is rendkívül ritka. Minthogy a daganatban ondótermelő hereelemek teljesen hiányoznak, nem valószínű, hogy a daganat kiindulásául szolgáló sejtek a valamilyen okból pusztult hereszövetet pótló interstitialis túltengésből kerültek volna ki; hanem felvehető, hogy itt olyan fejlődési hibával állunk szemben, amelyben az ősondósejtek bevándorlása elmaradt (FISCHL, POLITZER) s így az ivari lécből fejlődött here csakis mesenchymalis sejtekből állóvá lett s ezek a sejtek fajultak el később az élet folyamán daganatosan. Valószínűnek tartom tehát, hogy esetemben egyazon rendszeren belül két egymással párhuzamos, de okozatilag össze nem függő fejlődési hibával van dolgunk éppúgy, mint azt JAFFÉ és TANNENBERG a hermaprhoditismusnak mellékvesedaganattal társult eseteiben felveszik.

Hirsutismus, virilismus, genitosuprarenalis syndroma, interrenalismus, basophil pituitarismus, Cushing-kórkép és még több néven jellemző tünetcsoporttal foglalkozik egyre élénkebben az újabb irodalom, amelyben különösen két belső elválasztásos szervnek: a mellékvesének és a hypophysisnek kórokozó szerepe fölött

folyik a vita. A kép, amely az esetek $^3/_4$ részében a női nemen, éspedig 6—42 év között jelentkezik, a zsírpárna, a köztakaró, a nemi jelleg, az anyagcsere és a vérnyomás bizonyos egyöntetű elváltozásaiból szövődik össze. Legfeltűnőbb a zsírpárna hatalmas, gyorsan fejlődő túltengése a nyakon, a törzsön és az arcon, ahol az ú. n. holdképűséget okozza; a szederjes (cyanosisos), kiütéses (aknes), száraz bőrt dús szőrözet lepi el az egész testen, de főleg az arcon, ahol valóságos szakállá nő; a törzs bőrén sajátságos szederjes, terhességi hegekre emlékeztető csíkok *(striae distensae)* támadnak; a fanosodás előtti években igen korán megjelennek a másodlagos nemi jelleg bélyegei, a későbbi életkorban viszont korán elmarad a havivérzés és kihül a potentia; feltűnően magas lesz a vérnyomás, társulva az érmegkeményedés egyéb tüneteivel. Ehhez cukorvizelés (glykosuria) és cukorvérűség (hyperglykaemia), zsírvérűség (hypercholesterinaemia), fehérjevizelés, az alapanyagcserének csökkenése vagy kismérvű emelkedése és csontritkulás (osteoporosis) csatlakoznak, mint az általános anyagforgalom zavarai. Az érdekes kórkép bonctani alapjaként a hypophysisben és a mellékvesében találtak esetek szerint elváltozást; éspedig az előbbiben a basophilsejtek, az utóbbiban a kéregsejtek túltengését vagy daganatát. Néha csak az egyikben vagy a másikban, legtöbbször mind a kettőben egyidejűleg. A kettőnek kölcsönös jelentőségét két ellentétes felfogás hangsúlyozza. Bauer J. szerint a kórkép lényegileg: csak másodlagosan mellékvesebántalom (interrenalismus), amelyet, mint elsődleges ok a hypophysisben túltermelt hormon, ú. n. interrenotrop hormon vált ki. Gerstel és Nagel szerint fordítva: a hypophysis elváltozása nem oka, hanem következménye a mellékvese elsődleges megbetegedésének. Az előbbi felvételt alátámasztja az, hogy a hypophysis röntgenbesugárzásával egyes esetekben sikerült a tünetek visszafejlesztése; a mellékvese jelentősége mellett pedig az szól, hogy a mellékvesedaganat kiirtására néhány esetben a kórkép eltűnt.

Az én két esetem közül az egyik egyedül áll az irodalomban, mert a gyermeken már $^1/_2$ éves korában jelentkeztek a kórkép tünetei, ami a hatalmas mellékvesekéregdaganatnak világrahozott eredete mellett szól. A másik eset érdekes, mert egyfelől a jellemző kéregdaganat áttételt okozott a tüdőben, tehát kétségtelenül rák

volt, másfelől mert a hypophysisben bonctanilag a basophilismusnak nyoma sem volt kimutatható. Minthogy vannak leírva jellemző esetek, melyekben fordítva a mellékvesékben nem volt semminemű bonctani elváltozás, esetem kapcsán fel kell venni, hogy a hirsutismusnak két fejlődésileg különböző alakja: egy hypophysarius és egy suprarenalis alakja van, amelyek mindegyikében azonban működésileg mind a két szerv: a hypophysis és a mellékvese egyaránt részt vesz. A kórkép a két szerv működési egyensúlyának zavarából fejlődik, aminek lehet, de nem szükségképpen van bonctani nyoma mindkét szervben.

Utolsó esetem magyarázatához nem fér kétség, s mint ilyen éppoly bizonyító, mint Eiselsbergnek közismert esete. Eiselsberg rákos golyva miatt kiirtotta az egész pajzsmirigyet, aminek következménye a mirigykiesés folytán hypothyreosis: myxoedema lett; ennek tünetei enyhültek akkor, amikor a szegycsontban rákos áttétel kezdett mutatkozni, amely pótolta a pajzsmirigy működését. Az én esetemben fordítva az egyébként ép pajzsmirigy kis colloidos göbjének áttételei sorozatos basedowos rohamokat váltottak ki, amelyek pontosan eltűntek az újabb áttétel kiirtására. A kiújuló hyperthyreosis másként, mint az áttételes göbök hormonális hatására nem fejlődhetett, mert maga a pajzsmirigy az elsődleges kis göb kiirtása után egészében ép maradt.

Eseteim tanulsága alapján a felvetett kérdésre a feleletet a következőkben *foglalhatom* össze.

A daganatsejtek, ha a differentiálódás bizonyos fokát elérték, nemcsak saját anyagcseréjükben s alaki felépítésükben lehetnek az anyaszövet sejtjeinek hű másai, hanem bekapcsolódhatnak a szervezet hormonális berendezésébe is. Bizonyos szervek hormonjainak befolyása ugyanazt a működést válthatja ki belőlük, mint az anyaszövetből; fordítva a daganat ugyanolyan hormonokat termelhet, mint az anyaszövet maga.

A normális életműködéseknek azon módosulásai azonban, melyek daganatokkal kapcsolatban észlelhetők, nem szükségképpen a daganatszövet hormontermelésének következményei. A daganatok ilyetén szerepének megítélésében mindaddig, amíg a termelés a feltételezett hormonnak az illető daganatban vagy a vérben való megjelenésével közvetlenül ki nem mutatható, számba-

veendők mindazon lehetőségek, melyek a szervezetben a daganatok növekedését kísérik: hormonkiesés, gátlások megszűnése, pótló túltengés és a többi. A belső elválasztásos rendszer szövődményes berendezése ilyen eshetőségekre bőven ad alkalmat, de eseteim kétségtelenül bizonyítják, hogy valóságos hormonoknak — még pedig a normális életfolyamatokat szabályozó hormonoknak — termelése *lehet* a daganatok anyagcseréjének egyik részlete.

(A M. T. Akadémia III. osztályának 1936. okt. 12.-én tartott üléséből.)

DIE ROLLE DER GESCHWÜLSTE IN DER REGELUNG DER LEBENSVORGÄNGE.

Von T. v. VEREBÉLY.

Die Abhandlung erscheint in deutscher Sprache in der Zeitschrift «Wiener Klinische Wochenschrift», Heft Mai 1937.

(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften vom 12. Okt. 1936.)

AZ ÚJSZÜLÖTT EMBER AGYÁNAK GLIAARCHITEKTONIÁJA.

ORSÓS ISTVÁN-tól.

A XVI—XIX. táblával.

A kifejlődött emberi agyvelő minden részének gliaarchitektoniáját felderítő vizsgálatok eddig nem történtek. Az újszülött ember gliaarchitektoniájával sem foglalkoztak eddig rendszeresen. Szétszórva találunk ugyan az újszülött neurogliájára vonatkozó adatokat, de annak teljes gliaarchitektoniáját pontosan megállapító leírás után hiába kutatunk.

Vizsgálataim nem szorítkoztak kizárólag érett magzatok agyvelejére, hanem kiterjesztettem azokat a $6^1/_2$ hónapos koraszülött és a négyhónapos csecsemő agyvelejére is. Összesen 17 agyvelőt vizsgáltam meg. Az életkor szempontjából az esetek következőképpen oszlottak meg:

$6^1/_2$	hónapos	koraszülött	1
7	«	«	3
8	«	«	2
9	«	érett újszülött	6
1	«	csecsemő	2
2	«	«	1
3	«	«	1
4	«	«	1

A szövettani képek értékelésénél tekintettel voltam a szülés lefolyására, a halál okára, valamint a halál és a fixálás között eltelt időre. A rögzítés idejének megválasztása sok gondot okozott, tudván, hogy az intermediaer életben a gliasejtek vitalis reactiója az eredeti morphologiát erősen károsíthatja.[1] Mindaddig, amíg a

[1] F. Orsós: Die vitalen Reaktionen des Nervensystems u. s. w. Dtsch. Z. gerichtl. Med. Bd. 25. Heft. 4. 195. oldal.

neuroglia vitalis reactiói a modern módszerekkel nincsenek kivizsgálva, a fixálás helyes időpontjáról nem nyilatkozhatunk. Eddig úgy jártam el, hogy a hullának 6^h-ig 4 C°-os hűtőkamrában fekvése után vettem ki és fixáltam az agyat.

Az agyvelő egyik felét 1 cm vastag frontális, a másikat pedig 1 cm vastag horizontális szeletekre tagoltam. A kisagyból sagittalis, a nyúltvelőből frontalis szeleteket készítettem. Bő folyadékban megfelelő ideig tartó fixálás után a szeleteket római számokkal megjelöltem és 5—6 kisebb darabra osztván, valamennyit lemetszettem. Ily módon minden agyvelőből 10—12 teljes frontalis és 6—7 teljes horizontalis átmetszetet nyertem. A metszeteket többnyire Cajal arany-sublimat módszerével impraegnáltam.

Vizsgálataimnak több célja volt:

1. *a)* Igyekeztem megállapítani az agykéregnek, valamint az összes szürke magvaknak külön-külön sajátos gliaarchitektoniáját.

b) A fehérállomány, illetve egyes pályái gliaarchitektoniájának megállapítása.

c) Foglalkoztam a gliaarchitektonia és véredény-architektonia egymáshoz való viszonyával.

2. Vizsgáltam a neuroglia fejlődésének menetét a következő szempontokból:

a) Milyen befolyással van a neurogliára a koraszülés?

b) Vajjon az érett magzatok neurogliája mutat-e különbséget a fejlettség foka szempontjából?

c) Milyen hatása van a szülési traumának, a csecsemőkori betegségeknek a neuroglia további fejlődésére?

3. Igyekeztem megvilágítani a neurogliának a fejlődő agyvelőben teljesített funkcióit.

4. Kifejlődött ép és kóros agyvelőkön vizsgáltam, hogy maradtak-e vissza fejletlen, embryonális fejlődési fokon álló gliasejtek.

I. Az újszülött ember agyvelejének gliaarchitektoniája.

Újszülött állatok neurogliáját vizsgált szerzők megállapították, hogy az sok szempontból embryonális fejlődési fokon áll. Ez áll az újszülött ember neurogliájára is, mindazonáltal ez a neu-

roglia onto- és phylogenesisének meglehetősen előrehaladott stádiumában van. A szülészileg érettnek nyilvánított újszülöttek neurogliája az ontogenesis különböző fokozatait mutathatja. Leírásomban a több agyvelő vizsgálatából kikristályosodott középértéket tartottam szem előtt.

A gliasejteket sok szempontból osztályozták. A gliocytogenetikai felosztások közül legalkalmasabb kiindulópontnak N. ACHUCARRO[1] felosztását találtam, mivel tekintettel volt a fejlődő neuroglia és a véredényrendszer kölcsönös viszonyára is. ACHUCARRO az állatok neurogliáját három rendszerbe: *ependymalis-*, *átfúró-* (système perforant) és *autonom*-rendszerbe csoportosította.

Az ependymalis-rendszerből (mely alacsonyabbrendű állatoknál, pl. *Amphioxus*-nál egymaga képviseli az egész neurogliát) fejlődik, illetve vándorol ki a másik kettő, előbb az átfúró-, azután az autonom-rendszer. Az átfúró-rendszer kifejlődött állapotában független az ependymalistól, unipolaris gliasejtekből áll, melyeknek nyúlványa az agyvelő valamennyi rétegét átfúrván, a lágyburkon végződik. Az autonom-rendszer jellegét ACHUCARRO szerint az adja meg, hogy sejtjei sem az ependymalis rendszerrel, sem a lágyagyhártyával nincsenek vonatkozásban, hanem nyúlványaik révén véredényekkel függnek össze.

Ezt a felosztást igen tág keretként alkalmazhatjuk az újszülött ember neurogliájára is. A kamrák mentén helyezkedik el az ependymális-rendszer. Ettől kijebb szélesebb, keskenyebb rétegben az átfúró-rendszer, melynek nyúlványai több cm-nyi lefutás után az agykérget átfúrván, a lágyagyhártyán végződnek. Az átfúró-rendszer rétege és a lágyburok között helyezkedik el az autonom-rendszer. Az átfuró- és az autonom-rendszer sejtjeit a szerint, hogy vonatkozásban állanak-e a véredényekkel, vagy nem, *érkörüli-* és *szöveti*-rendszerre oszthatjuk.

Hogy ezt az egyszerű alap-architektoniát egyrészt a subcorticalis szürkemagvak, másrészt a tömött idegrostkötegek hogyan változtatják meg, a következő fejezetben vázolom.

---

[1] N. ACHUCARRO: De l'evolution de la nevroglie etc. Trabajos, Tomo XIII. Lásd 209. oldalon levő táblát.

A) Az agykéreg gliaachitektoniája.

Az érett emberi újszülött agyvelejének egyetlen részében sem oly ingadozó a neuroglia fejlettségi foka, mint az agykéregben. Az agykéregnek következő részei képezték főként vizsgálataim tárgyát: Az *allocortex rudimentarius* majdnem valamennyi része, úgymint az *ammonszarv, a fogazott szalag, subiculum, a gyrus limbicus belső szalaga, az isocortex infra- és medioradiatus,* s végül az egész *isocortex euradiatus.*

E kéregterületek gliaarchitektoniája több szempontból különbözik egymástól. Először azért, mert ezen kéregterületek cytoarchitektoniája különböző s a gliaarchitektonia a cytoarchitektonia függvénye. Másodszor különböznek az említett kéregterületek a neuroglia fejlettségi fokának szempontjából. Végül harmadszor az egész agykéreg területén akár intraarealisan is változik a gliaarchitektonia az agykéreg gyrifikáltsága következtében, amennyiben ugyanazon kéregmezőben más a gliaarchitektonia a gyrus tetején, szélén, oldalán és völgyében.

Az agykéreg neuroglia-elemeit két rendszer szolgáltatja: az *autonom-* és az *átfúró*-rendszer. A kifejlődött agyvelő regenerálódó gliasejtjeit az autonom-rendszer szolgáltatja. Az átfúró-rendszer pusztán sejtjeinek vékony orsóalakú vagy gömbölyű duzzanatokkal ellátott végfonalai révén vesz részt a kéreg gliaarchitektoniájának kialakításában Az újszülött agyvelőben az autonom-rendszer sejtjei a fejlődésük kezdetén állanak, az átfúró-rendszer gyöngyfűzérszerű fonalai a méhenkívüli életben rövidebb-hosszabb idő mulva eltűnnek az agykéregből.

Az autonom-rendszer elemei közül a protoplasmatikus glia itt is, mint a kifejlődött agyvelőben, az agykéreg középső rétegeiben foglal helyet, azzal a különbséggel, hogy határai felfelé és lefelé kiterjedtebbek.

A gliasejtek magvai nagyok, hólyagszerűek, alakjuk és nagyságuk a kéreg mélysége szerint megváltozik. A felső rétegekben (II—III.) a magvak inkább gömbalakúak, nagyságuk 5—6 μ között ingadozik; a középső és alsó rétegekben a magvak túlnyomórészt gyengébben, vagy erősebben megnyúltak, nagyobbak, világosabbak. Nagyságuk 5—10·5 μ között mozog. Leggyakoriabbak a

7·5—8 μ nagyságú magvak. A legtöbb magra jellemző, hogy a protoplasma csekély fejlettsége folytán csaknem egész felületén látszólag csupaszon fekszik.

A felső rétegek gliamagvai alig, vagy egyáltalán nem rendelkeznek protoplasmával, míg az alsóbbakéi fokozatosan mind plasmadúsabbakká lesznek. Ami a protoplasma morphologiai elrendeződését illeti, úgy a formák egyszerűsége és a nyúlványokban való szegénység az, ami feltűnik. A plasma rendszerint a mag egyik pólusán helyezkedik el. Kivételt képeznek a bipolaris gliasejtek, melyeknek magva teljes plasmaburkolattal bír. A mag tömege minden esetben nagyobb az őt közvetlenül burkoló plasmáénál. Ebből a kis protoplasmacsomóból indulnak ki a sejtek nyúlványai. A II—III. kéreglemezben vannak gliasejtek, melyeknek parányi plasmája csupán két-három 3—4 μ hosszú és 0·5 μ vastag tüskét bocsát ki magából. Kizárólag a III. kéreglemezben vannak azután gliasejtek, melyeknek 2—3 nyúlványa tekintélyes hosszúságot ér el (30 μ).

A IV. és V. kéreglemez plasmatikus gliasejtjei már sokkal fejlettebbek, amennyiben nyúlványaik másodlagos elágazódásokat is mutatnak. Az agykéreg gliasejtjei közül az uni- és bipolaris gliasejtek rendelkeznek leghosszabb nyúlvánnyal. A nyúlványok lefutása általában nem annyira komplikált, mint azt a kifejlődött protoplasmatikus gliasejten látjuk. Ágaik sem oly gazdagok, de éppúgy finomabb, durvább tüskékkel borítottak, mint a kifejlődött protoplasmatikus gliasejteken. Főkarakterisztikuma az újszülött plasmatikus gliájának a sugárzási terület kicsinysége. Ez az oka annak, hogy a gliasejtek közti intermediaer zónában itt teljesen hiányzik a kifejlődött agykéreg legbonyolultabb gliahálózata a CAJAL-féle «*plexo plurigenico*», melyet mint a neve is mutatja, a szomszédos gliasejtek egymásbafonódó ágasbogas nyúlványai képeznek, a nélkül, hogy egymással anastomosist s ezáltal gliasyncytiumot létesítenének.

A sugárzási terület szempontjából vannak az újszülött agyvelejében kör-, ellipsis-, homokóra-alakú sugárzási területű gliasejtek, ezenkívül uni- és bipolaris gliasejtek. A gliasejtek sugárzási területének átmérője és hossza változó. Annál nagyobb, minél mélyebb rétegben ül az illető gliasejt. A negyedik rétegben gyakran

találunk olyan bipolaris gliasejtet, mely két nyúlványával az egész agykérget átfúrja.

A nyúlványok és a magkörüli protoplasma finomabb szerkezete egymástól eltérést nem mutat. A mag körüli protoplasma teljes egészében egyenletesen impraegnálódik, nem úgy, mint a kifejlődött gliasejtben. A plasmastructura mindenben egyezik azzal, amit róla CAJAL megállapított. A fejletlen gliasejtek plasmastructurája megegyezik a kifejlődöttekével, a kettő között csupán mennyiségi eltérés van (lásd I. tábla).

Az autonom-rendszer második gliafélesége a rostos glia, mely az agykéreg legfelső és legalsó zónáit foglalja el. Az átmenetet a rostos és a protoplasmatikus glia között a félig rostos, félig plasmatikus gliasejtek alkotják. Az első kéreglemez gliaarchitektoniája rendkívül változatos.

Közvetlenül a *pia mater* alatt mintegy 15—30 μ vastagságú rétegben tömött sorban, sűrűn egymás mellett elhelyezkedő glialábakat látunk, melyek vastagsága, alakja és végződési módja változatos. Leggyakrabban kisebb-nagyobb kúpszerű kiszélesedéssel végződnek, de igen nagy számban találunk széles, tányérszerű, gömb és bunkóalakú végződéseket is. A gliasejtek, melyekhez ezek a nyúlványok tartoznak, a *str. zonale* egyes rétegeiben, az agykéregben és az agykéregalatti fehérállományokban helyezkednek el.

A *str. zonale* imént említett glialábsora alatt és részben magában a glialábsorban ülnek a *str. zonale* első rétegét képező gliasejtek, mely a legsejtdúsabb réteg. Vastagsága a különböző kéregterületekben 1—4 sejtsor között ingadozik. Egyes kéregterületekben e sejtsor magvai regressive átalakultak, pyknotikusak, de általában embryonalis jellegűek, nagyok, gömbölyűek, nedvdúsak, nagyságuk 5—8 μ közt ingadozik. A plasma és nyúlványok, különösen a *pia materhez* vonuló főnyúlvány, igen gazdagok gliosomákban. A sejtmag, plasma és nyúlványok egymáshoz való viszonya megfelel az ACHUCARRO által virágcsokorhoz hasonlított (la modalidad en ramillete) sejteknek. E viszony az embryonalis gliasejt egyik fő ismertetőjele. A virágcsokor szára — a főnyúlvány — leggyakrabban egyenesen a pia materhez halad, ritkábban hosszabbrövidebb darabon az agykéreg felületével párhuzamosan fut, majd derékszögben meghajolva a *pia materen* végződik. Vannak glia-

sejtek, melyek második erős nyúlványukat a *str. zonale* többi rétegein keresztül az agykéregbe bocsátják. Kisebb, jelentéktelenebb nyúlványok egymással összefonódva, a glialábsor belső szintjében a kéregfelszínnel párhuzamos fonatot alkotnak.

A *str. zonale* második rétege a legszélesebb s egyúttal a legsejtszegényebb. A gliasejtmagvak ebben túlnyomórészt már az újszülöttben is zsugorodottak, pyknotikusak s plasmában rendkívül szegények. Virágcsokor-típusú gliasejtet itt ritkán találunk, ellenben gyakori a felszínnel párhuzamosan futó polaris gliasejt. Erősebb nyúlványaikat a sejtek, vagy a pia materhez, vagy valamely véredényhez, vagy mindkettőhöz küldik. A magvak nagysága a regressiv átalakulás fokától függ, 2—8 μ között ingadozik. A regressive még át nem alakult gliasejtek plasmájában igen sok gliosomát találunk.

A *str. zonale* harmadik rétege keskenyebb a másodiknál, de sejtdúsabb és a legállandóbb. Gliamagvai ovalisak, nagyságuk 8—11 μ. Sugárzási területük szintén ovalis, centruma a sugárzási terület alsó részében van, legerősebb és leghosszabb nyúlványait mintegy 6—7 darabot seprűszerűen a *str. zonale* felső rétegeibe küldi, közülök néhány a *pia materig* hatol, ahol keskeny kúpban végződik.

Áthatják végül a *str. zonalet* az agykéreg uni- és bipolaris sejtjeinek végnyúlványai is, valamint az átfúró-rendszer sejtjeinek végnyúlványai, amelyek, miután átfúrták a fehérállomány nagy részét, az agykérget és *str. zonalet*, a *pia materen* végződnek.

Az agykéreg alsó részében az V. és VI. rétegben tisztán rostos gliasejt nincs, valamennyinek plasmája még igen sok gliasomát tartalmaz, míg rost csak néhány nyúlványban található. Leginkább a véredényekhez haladó tapadó-láb tartalmaz gliarostot. Virágcsokor-típusú gliasejt itt ritka. A magvak majdnem valamennyien gömbölyűek, 7·5 μ-sak, vékony plasmába burkoltak.

Az átfúró fonalak vastagsága az agykéregben 0·1—0·5 μ. A fonal vastagsága a sejtnek az agykéregtől való távolságával fordítottan arányos. Minél közelebb van valamely kéregrészlet az átfúró-rendszer sejttelepéhez, annál több és erősebb végfonál hatja át az illető kéregrészletet. Ha az átfúró fonálnak eredésétől az agykéregig semmisem áll az útjában, s ha az illető kéregrészlet az

átfúró-rendszer sejttelepéhez való térbeli viszonyát a fejlődés folyamán meg nem változtatta, akkor ez a felszínre merőlegesen fogja az agykérget áthatni. Míg ha az előbb említett körülmények forognak fenn, úgy az átfúró fonál ferdén halad át. a VI. rétegen, majd fokozatosan elhajlik és a többi réteget mégis a felszínre merőlegesen fúrja át.

Az átfúró fonalakon szabályos távolságokban göcsök vannak, melyeknek egymástól való távolsága szabálytalan, általában az agykéregben 30—40 μ. A göcsök alakja nem mindig gömbölyű, gyakran orsó-, tojásdad-, ovalis- és sarlóalakúak. A gömbalakúak átmérője 2 μ, az ovalisaké $1{\cdot}5 \times 4\,\mu$. Minél beljebb, illetve minél feljebb hatol a fonál az agykéregben, annál vékonyabb s a göcsök annál kisebbek s megváltozik egyúttal alakjuk is, a felső rétegekben már valamennyien elnyúlt orsóalakúak.

A fonalak plasmastructurája megegyezik a plasmatikus glia structurájával, azzal a különbséggel, hogy csupán a göcsök tüskézettek. A fonalakban parányi gliosoma, vagy mitochondriumhézagokat találunk.

Az agykéreg protoplasmatikus gliasejtjei nincsenek valamennyien összefüggésben a véredényekkel. Ennek oka a gliasejtek fejletlen állapota. A lam. II.-ben van a sejtfejlődés a legkezdetlegesebb fejlődési stadiumban, ezért itt a leglazább a plasmatikus glia és véredényrendszer közti viszony. A fejletlen gliasejtek egy vagy több, vékonyabb-vastagabb szívólábat (apparato chupador) küldenek a véredény falához. A plasmatikus glialáb és a véredény viszonyáról Cajal[1] azt írja, hogy amint a glialáb a véredényhez ér, az aranyimpraegnátió durvagöröngyössé válik, mintha itt más chemiai összetételű anyag kezdődne. Úgy tűnik, mintha a mérsékelten elágazódó korongok és lemezkék, melyek szabadon végződnek, rejtélyes természetű szemcsés perivascularis plasmába lennének mártva («hállanse sumergidos en un plasma perivascular granuloso de naturaleza enigmatica»). Achucarro és Cajal szerint vagy létező és szerves anyagról van szó («si tal materia representa

[1] S. R. Cajal: Contribución al conocimiento de la neuroglia del cerebro humano. Trabajos. Tomo XI. 268. oldal.

algo organizado y preexistente») vagy pedig a VIRCHOW—ROBIN-féle ürben elhelyezkedő koagulált plasmafehérjékkel állunk szemben.

Néhány jólsikerült praeparatumon szépen követhettem ezen «rejtélyes természetű» anyagnak a fejlődését. A kezdeti stádiumot a vékony capillarisokon és az agykéreg felsőbb rétegeiben találjuk. Amint CAJAL leírta, a szívóláb plasmája a véredényeknél durvagöröngyössé válik. Ez a durvagöröngyös plasma a capillaris falán szétterjed, de határozott körülírt konturjait megtartja. Amint a hártya szétterjed, határai érintkezésbe lépnek szomszédos glialábak hasonló módon szétterült hártyájával, s azokkal összeolvad. A capillaris falán ily módon keletkezett hártya nem tökéletes, mert több kerek, ovalis, vagy szabálytalan alakú csupasz felület marad vissza. A prae- és postcapillaris véredényeken a VIRCHOW—ROBIN-féle térben elhelyezkedő hártya már sokkal vastagabb s durva szivacsos structurájú. A hártya vastagsága ellenére itt is hagy csupasz felületeket a véredényfalon (XVI. tábla, 1. ábr. 6, 7, 8.).

Mivel ez a hártya kizárólag a protoplasmatikus glia területében található, s mivel a hártya fejlődése a plasmatikus glia fejlődésével lépést tart, ellenben nem található meg a rostos glia területében, azért bizonyos, hogy a hártya nem koagulált vérplasmafehérjéből áll, hanem a gliaprotoplasmából keletkezik, vele legközelebbi vegyi rokonságban áll és szervesen összefügg. A hártya nem más, mint felhigult, lukacsos, syncytialisan összefüggő gliaplasma, mely az agykéreg plasmatikus gliarendszerét egységes belső elválasztású miriggyé kapcsolja egybe.

Most térjünk rá a fontosabb kéregterületek gliaarchitektoniájára. Leírásomban a BRODMANN, ECONOMO és KOSKINAS által elkülönített kéregterületek gliaarchitektoniáját külön-külön ismertetem.

a) *Allocortex rudimentarius.*

1. Az Ammonszarv gliaarchitektoniája.

Az ependyma sejtjeinek structurájáról impraegnátióval közelebbit nem lehet megállapítani. A sejtmagvak nagysága 7—4 μ között változik.

Az *alveus* rostos gliasejtjei változó plasmamennyiségűek. A magvak nagyobbrészt összeestek, regressiv elváltoztak. A 8

hónapos és még fiatalabb koraszülöttek agyvelejében nagyon jól látszik az alsó szarv külső falához tartozó s az *alveusba* hatoló gyenge átfúró-rendszer. Az alsó szarv átfúró-rendszerének ez a külső részlete a 9 hónapos újszülöttben már nem látható. A koraszülöttek agyvelejében azonban megállapítható az átfúró-rendszer elemeinek sugárzási iránya is. A sugárzás síkja felülről lefelé és hátulról előre irányul. Vannak nyúlványok, melyek a gyomrocsfelszínnel 45°-os szöget, s vannak nyúlványok, melyek a gyomrocsfelszínnel 135°-os szöget zárnak be. A két nyúlványrendszer egymást derékszögben keresztezi.

A *str. oriens* gliasejtjei 9 hónapos újszülöttnél majdnem állandó plasmamennyiségűek, magvai gömbölyűek, vagy ellipszis alakúak, 8·5—11 μ nagyságúak, maghártyájuk sima. A sejtek sugárzási területe leginkább homokóraalakú. A nyúlványok nagyrésze, a *str. oriensben* a gyomrocsfélszínnel párhuzamos lefutású véredényekhez merőlegesen kapcsolódik, a többi főleg vízszintes irányú és sűrű hálózatot alkot a piramissejtek alapjánál.

A *nagy piramissejtek rétegének* gliaarchitektoniája változó. Néha a 8 hónapos koraszülöttnél sokkal fejlettebb plasmatikus rendszert találunk itt, mint az érett újszülöttnél. A magvak szabályosak, kerekek, ovalisak, 5·5—6μ nagyok, igen gyakran találunk 2 magot szorosan egymás mellett, mint a nemrég lezajlott oszlás tanújelét. E sejtek plasmaszegények, a perinuclearis plasmát néha csak immersios nagyítással lehet látni. A véredényrendszer és a plasmatikus glia közti kapcsolat kezdetleges stádiumban van. Érdekes, hogy a nagyszámú piramissejt anyagcseréjét ilyen fejletlen gliarendszer bonyolítja le. A nyúlványok vékonyak, rövidek, a sugárzási terület köralakú.

A *str. oriens* és a *piramissejtek rétegének* gliaarchitektoniája érett újszülöttnél nem egyforma az *ammonszarv* egész terjedelmében. Legfelső részén ugyanis a *str. oriensben* sok unipolaris gliasejtet találunk. Ez az alsó szarv medialis oldalához tartozó megnyúlt-rendszernek a maradványa. A *str. oriensből* az unipolaris gliasejtek ferdén, vagy függőlegesen a piramissejtek rétegébe is elküldik nyúlványaikat, sőt a piramissejtek rétegében is vannak unipolaris gliasejtek.

A *str. radiatum* plasmatikus gliasejtjeit két rétegre különít-

hetjük. A két réteg között éles határ nincs. Az alsó rétegben a kerekmagvú és köralakú sugárzási területű gliasejtek dominálnak. A magvak nagysága 8μ. A felső rétegben főleg ovalis magvú és tojásdad sugárzási területű gliasejteket találunk. A sugárzási centrum a tojás alsó pólusán helyezkedik el, vagyis a sejt nyúlványai főleg felfelé és oldalra irányulnak, nagy részük a *str. lacunosumba* nyúlik. A magvak 11·5μ hosszúak. A *str. radiatum* sejtjei sokkal fejlettebbek az előző réteg sejtjeinél. Kifejezésre jut ez a fölény a mag és plasmamennyiség nagyságában és a nyúlványok elágazódásának bonyolultságában is. A *str. radiatum* felső rétegétől a *str. zonale* felé mindjobban szaporodnak a *fascia dentatából* áttörő átfúró fonalak.

2. A fascia dentata gliaarchitektoniája.

A *fascia dentata* gliaarchitektoniája más a szabad felszín felé tekintő részében, mint az ammonszarv által burkolt részében. A különbség oka a *str. zonale* eltérő architektoniája.

A szabad felszín felé tekintő *str. zonaleban* a glialábsort általában vékony, a *pia materen* kevéssé szétterülő glialábak alkotják. A vastagabb glialábak (3—4μ) a *str. zonale első* rétegében levő sejtekhez tartoznak, mely réteg sejtszegény, csupán kétsoros. Az itt található sejtek típusos virágcsokorsejtek.

A *második* réteg szokatlanul sejtbő. A sejtek magvai kerekek, regressiv átalakulás semmi nyoma nincs rajtuk. Nagyságuk 7·5 μ. Plasmaállományuk nem nagy, benne kevés gliosoma látható. A nyúlványok simák, tüskeszerűek. A sugárzási terület kerek.

A *harmadik* réteg itt hiányzik, csupán néhány gliasejtet találunk szétszórva, mely erre a rétegre jellemző.

A második és harmadik rétegben elvétve unipolaris gliasejteket találunk, melyeknek lefutási iránya a felszínre merőleges, vagy azzal párhuzamos. A *str. zonale* valamennyi rétegét áthatják a *str. granulosumon* áttörő átfúró rostok, melyek *kúpban a pia materen* végződnek.

Az *ammonszarv* felé tekintő *str. zonale* képe teljesen más. A három réteg itt egy rétegre redukálódik, melyet rostképző gliasejtek és az átfúró-rendszer rendkívül nagyszámú fonala képez.

A rostképző gliasejtek a *str. zonale* harmadik rétegét alkotó gliasejtekhez tartoznak, vagyis a mag a sugárzási területben excentrikusan fekszik. A magvak ovalisak, a nyúlványok az ammonszarv felé tekintő pólusról indulnak ki. A plasmában sok gliosomát látunk. Az átfúró fonalakon kívül, melyek a *str. zonalen* sűrű fátyolként vonulnak keresztül. valódi unipolaris sejteket is találunk, melyeknek nyúlványa hozzájárul a fonalfátyol képzéséhez. Az átfúró fonalak egyenesen az ammonszarv felé futnak. Lefutásuk gyengén hullámos. Áthaladnak az *ammonszarv str. zonaléján* és *str. lacunosumán*, néha a *str. radiatumba* is behatolnak. A fonalak legnagyobbrészt tüskések, habos plasmastructurájúak. Elvétve a fonalak egész lefutásuk mentén göcsösek. Az ilyen nyúlványok koromfeketére impraegnálódnak.

Igen sajátságosan viselkednek az átfúró fonalak az ammonszarvban. Néha már a *fascia dentata str. zonaléjának* határán a nyúlványok nagy, hosszú dudorokat képeznek. Néha egy-egy fonál teljesen normalis lefutás után két-három 12—20 μ hosszú és 4—5 μ széles dudorban végződik. Gyakoribb azonban, hogy a fonalak lefutásuk mentén több kisebb-nagyobb dudort képeznek. A dudorok structurája változó. Egyesek structurája megegyezik az átfúró fonáléval, de vannak dudorok, melyek durva, erősen impraegnálódó szemcsékkel vannak megtömve s végül olyanok, melyek koromfeketére impraegnálódnak. Ezek a dudorok bizonyára nem physiologiásak, hanem a fonalaknak a fixáló folyadék által kiváltott *vitalis reactioja*, mely legkönnyebben a folyadékok számára könnyen átjárható laza szerkezetű *str. lacunosumon* áthaladó fonalakon váltódott ki.

A *str. granulosum* és a *str. polymorphum* külső széleiben legfontosabb gliosus elem az átfúró-rendszer unipoláris sejtjei. Már ACHUCARRO[1] megállapította, hogy ezek a sejtek az átfúró-rendszerhez tartoznak s hasonlóak a kisagyvelő epithelialis elemeihez s mindkettő hasonló az ependymalis elemek azon fázisához, melyben ezek «á través de todas las estructuras que las separan de la superficie cerebral, envian un pie de implantation en la vecinidad

[1] N. ACHUCARRO: Estudio gliotectonico de la corteza cerebral etc. Trabajos. Tomo XII. 269. oldal.

del mesodermo». Az átfúró-rendszer sejtjei mellett az autonom-rendszer sejtjei kisjelentőségűek. A sejtmagvak nagysága 7·5—11 μ. A *str. polymorphum* többi részét teljesen fejletlen gliasejtek alkotják, melyek homogen üvegszerű durva reticulum gerendáiban ülnek. Ez a structura a reticulummal és annak fejletlen gliasejtjeivel teljesen megegyezik az ependyma alatt elhelyezkedő fejletlen gliasejteket tartalmazó vékonyabb-vastagabb réteg structurájával, mely rétegből a differenciálatlan gliaelemek kivándorolva, vagy közvetlenül astrocytákká, vagy előbb polaris gliasejtekké válnak. Mint később látni fogjuk, a *str. polymorphum* gliaarchitektoniája megfelel a féltekék fehérállományának gliaarchitektoniájánál leírandó II. lemez gliaarchitektoniájának.

Achucarro úgy véli, hogy a *str. granulosum* sűrű sejttömegével akadályozza az unipolaris elemeknek a *str. zonale* felé irányuló kivándorlását. Abból, hogy 3 éves gyermeknél az unipolaris elemeket még megtalálta, s *str. zonaleig* követhető fonalak nélkül, a *fascia dentata* gliaelemeinek lassú fejlődésére következtet.

A *fascia dentata* szerintem az egyetlen kérgi formatio, melynek gliaarchitektoniájában a neuroglia mindhárom fejlődéstani rendszere képviselve van. Az ependymalis-rendszerhez tartoznak azok a differenciátlan gliasejttömegek, melyek a *str. polymorphum* közepén helyezkednek el. Innen kifelé a *str. zonaleig* az átfúró-rendszer és az autonom-rendszer képezik a *fogazott szalag* gliaarchitektoniáját. Egyúttal az egész agyvelőben itt van az a hely, ahol a három rendszer a legkeskenyebb területen fekszik együtt. A *fascia dentata* gliaarchitektoniája a ventricularis felszínről lefejtődött és ezzel függetlenítette magát a hemisphaeriumok gliaarchitektoniájától. Ilyen szempontból a *fascia dentatát* nem is itt kellene tárgyalni, hanem a többi subcorticalis centrum leírásánál, tekintettel ezek sajátos gliaarchitektoniájára.

Ha tekintetbe vesszük azt, hogy a *fascia dentata* gliaarchitektoniájának kialakításában két típusos fehérállomány gliaarchitektoniáját kialakító tényező is résztvesz (a differenciálatlan sejtek komplexuma és az átfúró-rendszer), úgy a *fascia dentata* gliaarchitektoniája szószoros értelemben átmenetet képez a típusos agykérgi és félteke-fehérállomány gliaarchitektoniája között. Az *ammonszarv*, de különösen a *fascia dentata* heterogenetikus kérgi glia-

architektoniája magyarázatot adhat többek közt a különböző betegségeknél tapasztalt kérgi és ammonszarvi gliareactio közti nagy különbségre.

Ha összehasonlítjuk az oldalkamrák átfúró-rendszerét és a *fascia dentata* átfúró-rendszerét a 3 éves gyermek agyvelejében, úgy azt találjuk, hogy az utóbbi az előbbitől semmiben sem maradt el, mindkét rendszerben nagyszámú unipolaris gliasejtet látunk, melyeknek a végnyúlványát azonban sem a *fascia dentataban*, sem a féltekében nem lehet az agykéreg felületéig követni. Ha polaris gliasejtek jelenlétét az átfuró rendszerben a fejlődés mértékének tekintjük, akkor a féltekék átfúró-rendszere még a *fascia dentata*énál is lassabban fejlődik, mivel az előbbiben 20 éves egyénnél is találunk unipolaris gliasejteket.

3. Stria longitudinalis medialis et lateralis corporis callosi.

A *medialis csík* vastagsága 0·374 mm, a *lateralisé* 0·408 mm. A két csík közti szürkeállomány 0·238 mm vastagságú. A csíkok gliaarchitektoniája a *corpus callosumtól* élesen, a lateralis csík gliaarchitektoniája már nehezebben különíthető el a *gyrus cinguli* architektoniájától. A csíkokat és az őket összekötő szürkeállományt gliaarchitektoniai szempontból három egymástól élesen elkülöníthető rétegre oszthatjuk: *str. zonalera, idegsejtek rétegére* és *polaris gliasejtek*, helyesebben *átfúró-rendszer rétegére.*

A lateralis csík *str. zonalejának első rétege* fiatal, virágcsokorszerű gliasejtekből áll, melyek rostos glialábakat bocsájtanak a *pia materhez.* A magvak kerekek, nagyságuk 8·5μ, a plasma elég plasmadús, benne gliosomahézagok láthatók. A sejtek két-három csoportban helyezkednek el. Közvetlenül a felszín alatt ülő gliamagvat nem találunk. A *középső réteg* rostképző gliasejtekből áll. A sejtek magja kerek, ovalis, nagyságuk 7·5μ. Plasmában és gliosomákban eléggé gazdagok. Sugárzási kerületük köralakú. Vannak ebben a rétegben unipolaris gliasejtek is, melyek nyúlványaikat a felszínnel párhuzamos irányba küldik. A *str. zonale harmadik rétegét* tojásdad alakú sugárzási területű gliasejtek képezik. Nyúlványaikat főleg felfelé és oldalt bocsájtják. Ebben, valamint az idegsejtek rétegé-

ben igen sok unipolaris gliasejt van, melyek nyúlványaikat a felszín felé küldik, durva hullámos lefutással.

Az *idegsejtek rétegében* plasmatikus és rostos glia közti átmeneti alakokat látunk, bő plasmatartalommal. A véredényeken itt-ott felfedezhető a gliaplasmahártya. Az itt található unipolaris gliasejtek egyrésze mint említettük a felszín felé tör, másrészük rövidebb-hosszabb lefutás után véredényekhez kapcsolódik.

A *harmadik réteg* a *polaris gliasejtek* rétege. Itt főleg uni- és bipolaris gliasejteket látunk, melyeknek nyúlványa a kéregfelszínnel párhuzamos lefutású. Egyaránt bőven találunk sejteket, melyek medial felé és olyanokat, melyek lateral felé küldik nyúlványaikat. A magok ovalisak, nagyságuk 8·5—11·5μ között változik. A csíkok harmadik rétegének gliaarchitektoniája az oldalkamrák felső átfúró-rendszerének legmedialisabb részét képezi, ami a féltekék fehérállományát bemutató tábláktól világosan kitűnik.

A *lateralis csík* gliaarchitektoniája a gyrus cinguli gliaarchitektoniájától felfelé és oldalfelé homorú ívben határolódik el.

A *medialis csíkkal*, valamint az összekötő *szürkeállománnyal* ezek után röviden végezhetünk. A leírt három réteg medial felé mindjobban vékonyodik. Minél jobban haladunk a középsík felé, a gliasejtek magvai annál kisebbek, plasmában és gliosomában szegényebbek lesznek. Medial felé a gliasejtek tehát mindjobban elrostosodnak. Tiszta plasmatikus glia ezen kérgi formatióban nincs.

b) *Isocortex infra et medioradiatus.*

1. Agranularis praecingularis subregio.

A *str. zonale* mindhárom rétegében megtaláljuk a regresszív elváltozás jeleit. Az első rétegben és a glialábsor rétegében dús gliarostozatot találunk. A sejtek magvai gömbölyűek, egyik-másik behuzódott szélű, pyknotikus, nagyságuk 5·5—7·5μ. Plasmában rendkívül szegények, a plasma gliosoma-tartalma csekély.

A középső réteg magvai sokkal zsugorodottabbak. A legtöbb mag szabálytalan alakú, behúzódott, ráncos maghártyájú, hosszúkás, a felszínre merőlegesen áll. Gyakran találunk 4—5 szorosan egymás mellett fekvő sejtcsoportot. A magvak hosszúsága általá-

ban 6 μ. A magok közepes plasmaállományúak, kevés gliosomahézaggal. A nyúlványok a középső réteg diffus gliahálózatát képezik. Legerősebb nyúlványuk a *pia materhez*, vagy valamely véredényhez halad.

A *str. zonale* legvastagabb rétege a harmadik réteg. Míg a felső rétegek alapszíne teljesen világos, transparens volt, addig ez a réteg élénk rózsaszínű. A magvak kerekek, vagy ovalisak, maghártyájuk sima, nagyságuk 6—6·5 μ. Nagyon gyakori ebben a rétegben az egymás mellett, vagy egymás felett elhelyezkedő gliasejt, a lezajlott oszlás bizonyítékai. A magoszlást több alkalommal megfigyelhettem. A szaporodás mitotikus sejtoszlás útján történik. A magok plasmadúsak bő gliosomatartalommal. A nyúlványok, melyek ugyancsak plasmadúsak, a többi kéregterületek hasonló sejtjeinek viselkedésével ellentétben nem felfelé irányulnak, hanem lefelé. Rendszerint a nyúlványok közül egy a többinél sokkal erősebb, mely gyakran tekintélyes távolságon keresztül követhető lefelé a piramissejtek felé.

Az agykéreg többi rétegében a *polymorph rétegig* protoplasmatikus gliát találunk. A gliasejtek magvai kerekek, ovalisak, símák. Nagyságuk megfelel az általános részben leírt méreteknek. A magok igen gyakran szorosan egymás mellett helyezkednek el. Felülről lefelé a plasmamennyiség növekszik, s mindjobban beburkolja a magot. A sejtnyúlványok felülről lefelé ugyancsak nagy változáson mennek át: a sejtelágazódás mind érettebbé válik. A felső rétegekben kis szökőkút típusú gliasejteket, uni- és bipolaris plasmatikus gliasejteket találunk. Úgy az előbbi, mint az utóbbi gliasejtek nyúlványaikat függőlegesen küldik a felszín felé. Olyan polaris gliasejtet, mely a kéreg egész vastagságát átjárta volna, itt nem találtam. A függőleges erős plasmatikus nyúlványokon kívül vannak vízszintes, ill. a felszínnel párhuzamos nyúlványok is, melyek sohasem olyan hosszúak, mint a függőlegesek, s majdnem mindig erős talppal véredényfalon végződnek. A függőleges nyúlványok, amennyiben végig követni lehet őket, legtöbbször parányi glialábban végződnek a véredényfalon. A *str. polymorphum* feletti réteg plasmatikus sejtjei már legtöbbször köralakú sugárzási területűek.

A *polymorph rétegben* átmeneti gliasejteket találunk. A magvak

kerekek, plasmaállományuk nagy. A plasmában változó mennyiségű gliosoma található. A véredényeken tapadó glialábak itt símábbak s erősebbek, mint a plasmatikus glia területén.

Ez a kéregterület igen sok átfúró fonalat kap az oldalgyomrocs tetejéhez tartozó átfúró-rendszer medialis részéről. Azért találunk oly sokat, mivel a fonalaknak csak 5—9 mm utat kell a kéregig megtenniök. Az átfúró fonalakat a *str. zonale* harmadik rétegéig lehet követni. Az agranularis *praecingularis subregio* a gliaarchitektonia szempontjából az újszülött agyvelejének egyik legfejlettebb kérgi formatiojához tartozik.

2. A granularis postcingularis subregio.

Az előző régióval szemben tapasztalt különbségek a következők: a *str. zonale* első és második rétege a regressiv átalakulás előrehaladottabb stádiumában van. A harmadik réteg ezzel szemben sejtdúsabb, mint az előző régióban.

A protoplasmatikus glia fejlettebb. A magvak, melyek általában nagyobbak, plasmadúsabbak, plasmával jobban be vannak burkolva. A nyúlványok elágazódása fejlettebb típusú, kevesebb a polaris és szökőkúttípusú plasmatikus gliasejt.

A legalsó rétegben pedig az átmeneti gliasejtek mellett itt-ott teljes rostos gliasejtet is találunk, melynek plasmája gliosomát már nem tartalmaz.

A regio homlokirányú metszetének felső része sokkal több átfúró fonalat kap, mint az alsó, annak ellenére, hogy itt az oldalgyomrocs tetejéhez tartozó átfúró-rendszer sokkal medialisabban kezdődik, mint az előző regionál. Ennek az az oka, hogy a tömött rostokból álló associatiós pálya, a *cingulum*, az átfúró sejtek útjába igen nagy akadályokat gördít, s a fejlődés bizonyos fázisában új fonalak áthatolását lehetetlenné teszi.

Tehát a *postcingularis subregio* gliaarchitektoniája az újszülött agyvelejében a fejlettség valamivel magasabb fokán áll a *praecingularis subregio* gliaarchitektoniájánál.

c) *Isocortex euradiatus.*

Az isocortex euradiatus gliaarchitektoniáját az ECONOMO és KOSKINAS által megállapított öt különböző cytoarchitektoniájú kéregterületben vizsgáltam.

1. Agranularis piramistípus.

A *str. zonale* glialábsora keskeny s csupa vékony glialábból áll. Az első és második réteg gliasejtjei nagyobbrészt pyknotikus magvúak, plasmaállományuk kicsi, bennük kevés gliosoma látható. A gliasejtek rostos átalakulása előrehaladott állapotban van. A nem pyknotikus gliamagvak szabálytalan alakúak, maghártyájuk ráncos, nagyságuk 7·5μ. A harmadik réteg magvai nem pyknotikusak, s a sejtek ezen réteg jellemző tulajdonságaival bírnak.

A plasmatikus glia rétege a kéreg vastagságának megfelelően igen széles és sejtbő. A magvak hólyagszerűek, világosak, gömbölyű vagy ovalis alakúak, nagyságuk 6—8μ. Valamennyi mag még a közvetlenül a *str. zonale* alatt elhelyezkedők is, jól kimutatható plasmával bírnak. Itt is érvényes az a szabály, hogy a magvak plasmaállománya és a nyúlványok száma lefelé növekszik, elágazódási módjuk komplikálódik. Az óriás piramissejteket néha két-három plasmatikus gliasejt veszi körül. Az *óriássejtek rétegében* már átmeneti típusú gliasejteket is találunk, melyeknek száma a *polymorph réteg* felé emelkedik.

Az átfúró-rendszer végfonalai ide is betérnek, de az óriáspiramissejtek rétegén túl nem követhetők.

2. Granularis piramistípus.

A *str. zonale* ugyanolyan, mint az előző kérgi formatióban. A plasmatikus glia területe keskenyebb a kéreg keskenyebb volta miatt. A kérgi formatio általában sejtszegény. A sejtek ezzel szemben a fejlettség magasabb fokán állanak. A gliasejtek fejlettségi foka ezen kérgi formatión belül is nagyon változó. A magvak nagyok, 7·5—8·5μ nagyságúak. Bővebb plasmaállománnyal rendelkeznek s a nyúlványok elágazódása bonyolultabb. Aránylag ritkán találunk

plasmával csak egyik pontján fedett gliamagvat. A fejletlen elágazódási formák (szökőkút, uni-bipolaris) ritkán fordulnak elő.

Az átfúró-rendszer fonalait a *str. granulosum int.*-ig lehet követni.

3. Granularis parietaltípus.

Ezen kérgi formatio a gliaarchitektonia fejlettségének foka szempontjából hasonlít az előzőre. Valamivel sejtszegényebb, de a sejtek plasmadúsabbak. Gyakran találunk polaris elemet.

4. Tenuicorticalis vagy polaris típus.

A *neocortex* legfejletlenebb gliaarchitektoniájú területei. A sejtmagvak kicsinyek (5—6μ), alakjuk gömbölyű. Plasmával csak a plasmatikus glia területének alsó felében rendelkeznek. A plasma itt is a magnak csak kis részét burkolja, a nyúlványok elágazási módja leggyakrabban szökőkút típusú. A frontalis és occipitális lebenyek polaris típusú kéregterületeinek gliaarchitektoniája között különbséget találunk, amennyiben a frontális terület az occipitális területnél is fejletlenebb.

5. Granularis coniocortex.

A *str. zonale* a *fissura calcarinában* sejtszegény. Az első réteg csupán 1—2 sejtsorból áll. Ezek főnyúlványaikat a *pia materhez* küldik. Sokszor a sejt plasmája egész tömegével reáfolyik a *pia materre*. A középső réteg gliamagvai pyknotikusak, bennük a chromatin rajzolat nem látható. A harmadik réteg eléggé fejletlen. A sejtek nyúlványaik legnagyobb részét *a felső szemcsés réteg* sejtjei közé bocsátják.

A *str. gr. externumban* kerekmagvú gliasejteket találunk. A magvak nagysága 6μ. Az ovalis magvak ritkábbak, nagyságuk 9μ. A kerekmagvú sejtek sugárzási területe is kerek, főnyúlványaikat pedig a felszín felé, vagy a kéreg mélyebb rétegei felé küldik. Az oválismagvu sejtek, melyek *a kispiramis sejtek rétegének* főalkotóelemei majdnem kivétel nélkül poláris elemek, melyek nyúlványaikat a felszínre merőleges irányban bocsátják ki magukból.

Ezeknek a sejteknek a poláris főnyúlványon kívül nagyon sok mellékága is van, melyek a mag körüli plasmaállományból indulnak ki. A poláris plasmatikus gliasejtek lassan köralakú sugárzási területtel bíró protoplasmatikus gliasejtekké alakulnak át.

A *str. gr. internum* három rétegében találjuk az újszülött emberi agyvelő legfejlettebb protoplasmatikus gliasejtjeit. A magvak kerekek, nagyságuk 7·5μ. Plasmaállományuk rendkívül bőséges. A protoplasmatikus glia és a véredényrendszer között az újszülött agyvelejében itt van a legszorosabb kapcsolat. Itt látjuk először a sugárzási területek határán a CAJAL-féle «*plexo plurigenico*-t». A gliasejtek sugárzási kerülete kerek, elágazódásuk teljesen megfelel a felnőtt egyén protoplasmatikus gliasejtjeinek. A nyúlványok sűrűbb és hosszabb szőrökkel és tüskékkel vannak ellátva, mint a felnőttben.

A *középnagy piramissejtek* rétegében már nagyon sok átmeneti gliasejtet találunk, *a polymorph rétegben* pedig tisztán rostos gliasejtek is vannak.

Az átfúró fonalak a *str. gr. internum* alsó határáig követhetők.

Mint látjuk az *isocortex euradiatus* egyes részeiben az újszülöttnél a gliaarchitektonia különböző fejlettségi fokon áll. Az egyes cytoarchitektoniai alaptípusokat gliaarchitektoniájuk fejlettségi fokának szempontjából a következőképen osztályozhatjuk: 1. *granularis coniocortex*, 2. *agranularis piramistípus*, 3. *granuláris piramistípus*, 4. *granularis parietaltípus*, 5. a) *occipitalis polaris típus*, b) *frontalis polaris típus*.

*

Az agykéreg egész területén az agytekervények oldalfalában és völgyében a cystoarchitektoniától teljesen függetlenül határozott szabályok szerint változik meg a gliaarchitektonia:

1. A gliasejtek száma és plasmamennyisége megszaporodik. 2. Az egyes rétegekben a nyúlványok határozott irányokban rendeződnek.

Legerősebb elváltozásokat a *str. zonale* mutatja. Ha az agytekervény tetején a *str. zonale* gliaarchitektoniáját normának tekintjük, akkor az agytekervény falában és völgyében proliferáltnak kell azt mondani. Minél mélyebbre hatolunk a tekervények

falán, a hypertrophia és hyperplasia valamennyi jelét annál kifejezettebben látjuk, s ez a csúcspontját a völgyben éri el. Ugyancsak minél mélyebbre hatolunk az agytekervény falán, annál jobban megszaporodnak a polaris elemek.

A glialábsor lefelé mind sűrűbb lesz, a völgyben éri el sűrűségének és szélességének tetőfokát. Itt a glialábsort a *str. zonale* elemein kívül a mélyebb rétegek polaris elemeinek a felszínig húzódó nyúlványai, valamint az átfúró-rendszer végfonalai képezik. A völgyben a glialábak vékonyak, végükön mintegy 15—20 μ hosszú és 4 μ széles legömbölyített bunkót képeznek. Jellemző a völgy glialábsorának sűrűségére, hogy a lábak nem tudnak egy nivóban a *pia mater* felszínén tapadni, hanem sok nyúlvány a pián tapadók alatt végződik.

Az *első sejtes réteg* sejtjeinek száma a völgy felé mind nagyobb lesz, a sejtmagok min több rétegben helyezkednek el egymás felett. Az itteni sejtek típusos ACHUCARRO-féle virágcsokor-sejtek. Nagyon gyakori az olyan sejt, amely plasmája egész tömegével a *pia materhez* tapad s a mag alsó felszínéről kiinduló nyúlványok visszahajolva ugyancsak a *pia materhez* haladnak.

A *második réteg* sejtjei a völgy felé mind plasmadúsabbakká lesznek.

A *harmadik réteg* sejtjei nagyon változatosak a nyúlványaik viselkedése szempontjából. Ezen réteg sejtmagvai mint már leírtuk, oválisak, hólyagszerűek. A völgy felé mind gyakrabban találunk két magot szorosan egymás mellett, ami a proliferatio kétségtelen bizonyítéka. Ezek a sejtek ritkán köralakú sugárzási területűek, leggyakrabban seprűszerű elágazódásúak. A sugárzási terület annál keskenyebb, minél inkább közeledünk a völgyhöz. Ezzel egyidejűleg mind gyakrabban találunk unipolaris gliasejteket. A seprűszerű elágazódás és a polaris sejt nyúlványának irányára nézve nem lehet pontos szabályt felállítani. Leggyakoribb típus a következő: Az agytekervényfal közepéig a nyúlványok *felfelé*, a *str. zonale* második rétegébe irányulnak. A közepen *köralakú* sugárzású gliasejtek vannak és a völgy felé eső gliasejtek nyúlványai *lefelé* irányulnak.

A *str. zonale* ezen elváltozása két körülménytől függ: a véredényrendszertől és a barázdának a féltekén elfoglalt helyzetétől.

A *str. zonale* elváltozása a véredények lefutása mentén a legerősebb. A völgyben a véredények ki- és belépési pontjain legerősebb a proliferatio. Ha két agytekervény egymásfelé tekintő fala között véredény helyezkedik el, akkor a *str. zonale* elváltozása mindkét kéregfélben fokozódik, de sokkal erősebb azon a tekervényfalon, melynek lágyagyhártyájában van a véredény.

Erősebb proliferatiót találunk a barázdákban a félteke medialis felületén a *kérges test* magasságáig és a félteke domborulatának a *sinus sagittalis superiorhoz* közeleső területein. Ez a körülmény, valamint az, hogy az említett kéregterület barázdáinak *str. zonalejában* igen szoros a véredényrendszer és rostos gliarendszer közötti kapcsolat, fel kell hogy hívja a figyelmet a *sinus sagittalis* nagy statikai jelentőségére az *újszülöttnél.*

A barázdákban a *str. zonale* elváltozásán kívül a mélyebb kéregrétegek gliaarchitektoniája is jellemző elváltozásokat szenved. A középső rétegekben az agytekervény falában megjelennek az uni-, de gyakrabban bipolaris plasmatikus gliasejtek, melyek a felszínre merőleges lefutásúak. Ezen bipolaris elemeknek száma a völgy felé növekszik.

Az *alsó* kéregterület gliaarchitektoniája megváltozik annyiban, hogy homokóra alakú sugárzási területű gliasejtek lépnek fel, a kéregfelszínhez párhuzamos hossztengellyel. Ezek a gliasejtek kb. a tekervény falának középső szakaszán lépnek fel, s a völgy felé mind vastagabb kéregrészletet foglalnak el. A völgyben, az alsó kéregterületekben majdnem kizárólag ilyen homokóra alakú sugárzási területű gliasejteket találunk, melyek nagyon mély barázdában bipolaris sejtekké válnak.

Az *átfúró-rendszer* végfonalai, mielőtt a völgyet képező kéregterületbe behatolnának, néha nagyhullámú lefutást vesznek, melyet bizonyos távolságig az agykéregben is megtartanak.

Az agykéreg gliaarchitektoniájának a barázdákban tapasztalt jellemző sajátságait statikai és vasoarchitektoniai viszonyokra és az agyvelőbarázdák fejlődésmechanizmusának körülményeire vezetjük vissza. Az előbbiek a *str. zonale* elváltozását idézik elő, míg az agykéreg mélyebb rétegeinek gliaarchitektoniai változása az utóbbi tényezőnek tulajdonítható.

B) A féltekék fehérállományának gliaarchitektoniája.

A projekciós pályákról és commissurákról külön kell megemlékeznünk, mivel ezeknek sajátos gliaarchitektoniája van.

A féltekék *fehérállományának* gliaarchitektoniájának a kialakításában a nuroglia mindhárom fejlődéstani rendszere résztvesz. A féltekék fehérállományát az oldalgyomrocsok belső felszínétől az agykéregig négy gliaarchitektoniai rétegre lehet osztani. Az *első* réteget az ependymalis-rendszer képezi. Ez a réteg a legvékonyabb és legállandóbb. A *második* réteget a differenciálatlan gliasejtek képezik. Ez változó vastagságú és legvastagabb ott, ahol a gyomrocsfalak hegyesszögben találkoznak. A *harmadik* réteget az átfúró- vagy unipolaris-rendszer képezi, bár itt az autonom rendszer sejtjei is feltalálhatók. E réteg vastagsága függ a gyomrocs és a kéreg közti távolságtól és a fehérállomány rostrendszerének helyi viszonyaitól. A harmadik és negyedik réteg közti határ elmosódott A *negyedik* réteg gliaarchitektoniáját túlnyomórészt az autonom-rendszer kisebb részben — végfonalai révén — az átfúrórendszert képezi. A rétegeket felépítő sejtekre a következő szabályok érvényesek: a gyomrocsfaltól kifelé az egyes rétegek sejtállománya mind heterogénebbé válik. Az első réteget kizárólag az ependymalis-rendszer képezi, a másodikat differenciálatlan autonom és polaris elemek, a harmadikat és negyediket részben differenciált, részben differenciálatlan autonom és polaris elemek. A gyomrocsfaltól kifelé haladva a sejtek morphologiai változatossága növekszik és a vasoarchitektonia mind erősebben vesz részt a gliaarchitektonia kialakításában.

I. A Fehérállomány rétegeinek topográfiája.

A következőkben horizontális és főleg frontális metszetek alapján ismertetni fogom a négy réteg viselkedését és az egyes rétegek sejtféleségeinek morphologiáját. Tábláimon a féltekék gliaarchitektoniai rétegeinek térképét óhajtottam rögzíteni s ott, ahol szükségesnek mutatkozott, az egyirányú idegrostrendszereket is feltüntettem.

A XVI. tábla. 2. ábrája 8 hónapos koraszülött homloklebe-

nyének horizontális metszetét ábrázolja. A szürkeállományok szürkén, az idegrostkötegek pontozottan vannak feltüntetve. Az első réteg sötétszürke, a második vízszintesen vonalazott. A harmadik rétegben az átfúró-rendszer fonalainak lefutási irányát fekete vonalakkal jelöltem. A fehéren maradt területeket az autonom-rendszer sejtjei töltik ki. További jelzések : C = kérgestest, Cca = farkostest feje, I = sziget.

Az *első* réteg egyenletes vastagságban béleli a gyomrocsfalat. A *második* vékonyan végighúzódván a kérgestest belfelületén, A-nál hirtelen kiszélesedik és kitölti azt a teret, amit a kérgestest kisugárzása, a belső tok elsődleges nyalábjai, maga a belső tok és a farkostest fejének elülső domború felülete határol. A második réteg a fej elülső pólusán villaszerűen kettéválva egy erősebb mellső és gyengébb oldalsó, hátrafelé keskenyedő réteg alakjában reáhúzódik a fej elülső felére.

A *harmadik* réteget az átfúró-rendszer képezi, mégpedig az elülső szarvnak a felső rendszere az, amit itt látunk. A második és harmadik réteg közti határ, t. i. az átfúró-rendszer belső határvonala a kérgestest területén egészen közel fekszik a gyomrocs belső felszínéhez. A gyomrocs csúcsánál azonban messzire elhagyja a gyomrocsfalat, hogy hegyesszögben hátrahajolván, gyengén a középvonal felé és hátrafelé irányulva elérje a farkostest fejének oldalsó felszínét, ahol átmenet nélkül hirtelen végződik. A táblán a sejtnyúlványok lefutása jól látható. A második rétegből, mint középpontból, legyezőszerűen sugároznak szét a kéreg felé az unipolaris gliasejtek. Jellemző az 1 és 2 közti rövid távolságon a sugárzás irányának teljes derékszögnyi eltolódása. A 2—3-ig terjedő szakaszon a második és harmadik réteg közé ékelődik a belső tok, mely terület mint már említettük, sajátos gliaarchitektoniával rendelkezik. Ezen a szakaszon az átfúró-rendszer tömött idegrostnyalábokat elkülönítő gliaseptumok alakjában halad át. Az átjutott nyúlványok előlről hátrafelé (2—3-felé) oldalra s mind erősebben hátrafelé a sziget kérge felé irányulnak. A sziget ugyanis nem kaphat sugárirányú gliarostokat, mint a homloklebeny többi része, mert a kéregalatti dúcoknak megfelelő gyomrocsfalrészletből átfúró-rendszer nem indul ki a fehérállományba. *A sziget kérgét a legkülsőbb tokba felülről, alulról, előlről és hátulról betérő átfúró nyúlványok*

látják el végfonalakkal. Az 1-től 3-ig terjedő szakaszon az átfúró-rendszer a féltekéből a belső tokba sugárzó idegrostkötegeken áttörve halad a kéreg felé. Az átfúró-rendszer sugárzási iránya és az idegrostkötegek iránya által bezárt szög 1-től 3-felé mindinkább közeledik a derékszöghöz és 3-nál mint látható, a két irány derékszögben metszi egymást. Az átfúró-rendszer nem egyforma erős az egész vonalon. Belülről kifelé mindjobban erősödik, legerősebb az 1-től 3-ig terjedő szakaszon.

A *negyedik* réteg éles átmenet nélkül keletkezik a harmadikból. Vastagsága, mint a táblán látjuk, változik. Annál vastagabb, minél nagyobb a gyomrocsfal és a kéreg közti távolság. Itt is kivételt képez természetesen a szigethez tartozó külső tok.

Az emberi újszülöttben az átfúró-rendszer unipolaris sejtjei nem helyezkednek el jól körülírt keskeny sejtsorban, hanem meglehetős széles zónában vannak szétszórva. Ez az unipolaris-rendszernek, vagy átfúró-rendszernek a sejttelepe. Ennek külső határát a legkijebb eső unipolaris sejt sejtteste és főnyúlványa között húzzuk meg. E határvonal nem más, mint a harmadik és negyedik réteg határa. A táblákon e vonalakat nem tüntettem fel, mert egyénenként erős ingadozásokat mutat.

A XVI. tábla 3. ábráján a homloklebeny homlokirányú metszetét látjuk. Jelzés azonos, mint előbb, azonkívül VL = oldalgyomrocs, Ci = belső tok.

Az *első* réteg itt is egyenletesen béleli az elülső szarv belfelületét.

A *második* réteg a kérgestest felé egészen vékony, fenn és lenn a kérgestest kisugárzása, a belső tok felső és alsó nyalábjai, valamint a farkostest fejének elülső pólusa által határolt teret tölti ki. Ebből, ill. ezekből a terekből a második réteg folytatódik a fej mellső és oldalsó felszínére is. Tehát a fejre a második réteg sapka módjára borul rá.

A *fehérállomány átfúró-rendszere* három részből áll: Felső-, oldalsó- és alsó-rendszerből. A *felső-rendszer* a kérgestest felé irányuló rostokkal kezdődik. Mindjárt a kezdetén, 1-nél át kell haladnia a nyúlványoknak a kérgestest kisugárzásán, majd ezen túl, 2-nél a belső tok felső harántul metszett rostnyalábjain. A belső tokon áthaladó részlet a legerősebb, a sejtek itt a legnagyobbak és leg-

sűrűbben helyezkednek el, ami összefüggésben áll azzal, hogy ennek a részletnek 130°-os a sugárzási területe, míg az 1-től 2-ig terjedő részletnek csupán 90°. A 2 pontban lévő sejtek nyúlványaikat egyenesen oldalra küldik, innen 3-ig a sugárzás iránya 35°-al a vízszintes vonal alá tolódik el. Az átfúró-rendszer belső határvonalának 3 és 4 közti részletéből kiinduló rostrendszer igen sajátságos. A sejteknek és nyúlványoknak itt a belső tok középső, legerősebb rostnyalábjain kell áthaladni. Az áthaladt sejtek és nyúlványaik nem húzódnak homlokirányú síkban oldalfelé, hanem oldalra és hátrafelé. Épp ezért a felső és alsó átfúró-rendszer közti területen a nyúlványoknak csupán haránt és ferde átmetszeteit látjuk. A 4-től 5-ig terjedő szakaszból indul ki az *alsó* átfúró-rendszer, mely a felsőnél sokkal gyengébb. A helyi viszonyokból érthető, hogy ez a rendszer nem sugározhat ki szabályosan legyezőszerűen. Oldalirányban ugyanis a legyező itt sokszorosan hosszabb sugarakból tevődik össze, mint lefelé és a középvonal felé. Az alsó-rendszer sugárzási területe kb. 10°-kal haladja meg a felső vízszintes vonalat.

A XVII. tábla 4. ábráján a jelzések ugyanazok, azonkívül Cg = öv, P = putamen, Sp = septum pellucidum.

Az *első* réteg egyenletesen béleli mindenütt a gyomrocsfalat.

A *második* réteg, mely a septum pellucidum középső rétegét képezi, felül erősen megvastagodik, majd az oldalgyomrocs felső részén áthajolván, mindjobban megkeskenyedve lehúzódik a belső tok és a farkostest feje közé, ilymódon beburkolja a fej felső harmadát. A gyomrocs alsó éle körül közvetlenül, a második réteg szintén kiszélesedik, de sokkal kisebb méretekben, mint azt a felső rétegen láttuk és oldalfelé s gyengén lefelé a farkostest és putamen alatt ékalakban kihúzódva végződik. Ezen a metszfelületen a felső és alsó átfúró-rendszert semmi sem köti össze. Az alsó átfúró-rendszer, mint a táblán jól kivehető, még az előző tábla alsó átfúró-rendszerénél is gyengébb.

A felső átfúró-rendszer legmellsőbb szakaszából származtatom a kérgestest szürkeállományának harmadik rétegében található polaris gliaelemeket. Az átfúró-rendszer belső határvonalának 1-től 2-ig terjedő szakaszából kiinduló sugárzás gyengébb a 2-től 4-ig terjedő szakasz sugárzásánál. Az első szakasz legmellsőbb részének sugárzása nehezen éri el a gyrus cinguli alsó részét, mivel ezeknek

a fonalaknak a kérgestest kisugárzásán kívül még az öv rendkívül tömött idegrostkötegén is át kell haladniok. A mellső kéregterületekbe haladó fonalaknak kissé ki kell hajolniok eredeti irányukból, hogy megfelelő kéregterületükhöz eljussanak. Ez az elhajlás nem nagyfokú, össze sem hasonlítható a 2-től 4-ig terjedő szakasz fonalainak elhajlásával. A 2-től 4-ig terjedő belső határvonalszakasz és a sugárzás tulajdonképpeni megindulásának vonala (2', 3' és 4') közé ékelődik a belső tok felső része. A tömött idegrostkötegeken az átfúró-rendszer gliaseptumok alakjában áttörvén, a felső rendszer legnagyobb sugárzási területű (115°) és legerősebb részét képezi. A második szakasz sugárzásának irányvonalai már nem oly egyenesek, mint azt az előző táblán láttuk, hanem ív-alakban lefelé hajlanak, a 3-tól 4-ig terjedő szakasz sugárzása pedig csaknem függőlegesen halad a külső tokba. A felső-rendszer sugárzási területe 60°-kal tolódik el a vízszintes vonal alá.

Az alsó átfúró-rendszer alakját és kiterjedését a tábla szemlélteti. Látjuk, hogy a külső tokba ez a rendszer nem küld fonalakat, mivel sugárzási területe alig néhány fokkal emelkedik a vízszintes vonal fölé. A rendszer mediális szakasza erősebb az oldalsónál. Az átfúró-rendszer és a kéreg közti fehérállományt a negyedik réteg foglalja el.

A XVII. tábla 5. ábrája valamivel hátrább eső metszfelületet ábrázol. Felül a második réteg felülete még jobban beszűkült, a farkostest fejének alig harmadát borítja, alul pedig még vékonyabb csíkban húzódik a szürkemagvak alá.

A felső átfúró-rendszer belső határvonalának második szakasza 2-től 4-ig megrövidül, de ugyanazt a sugárzási területet kell ellátnia, ezért a sejtek összezsufolódtak és nagyobbak, plasmadúsabbak, mint a felső szakasz sejtjei.

Az átfúró-rendszer alsó része tovább kisebbedett, sugárzási területe nem terjed a vízszintes vonal fölé, végfonalat tehát nem küld a külső tokba.

A XVII. tábla 6. ábráján ugyancsak homlokirányú metszetet látunk a lencsemaggal, a látótelep nélkül. A jelzések ugyanazok, mint fent, azonkívül Gp = globus pallidus, F = boltozat, Ca = elülső ereszték, VL = oldalgyomrocs.

A második réteg területe tovább csökken. Egész vékony réteg-

ben borítja az oldalgyomrocs tetejét, ennek oldalsó szegletét elhagyván, erősen megvastagodik s ívalakban kanyarodik a határvonal a belső tokra. A belső tok mentén a középvonal felé haladván, ismét vékonyodik, míg eredeti méreteit el nem éri. A második réteg az oldalgyomrocs alatt teljesen beburkolja a farkostest farkát.

A gyomrocsür hosszanti átmérője ezen a metszfelületen megváltozott: a függőlegesből majdnem vízszintes irányú lett. Ezzel egyidejűleg eltűnt az alsó átfúró-rendszer. Ezen a metszlapon az egész agykérget a felső átfúró-rendszer látja el végfonalakkal. A felső átfúró-rendszer két részre osztható: először 1-től 2-ig a gyomrocs *tetejéről* kiinduló átfúró-rendszer, melynek sugárzási területe 90°, ez a felső rendszer gyengébb része, mely a kérgestest kisugárzásán, s a legmellsőbb részlet ezenkívül az övön keresztül jut el megfelelő kéregterületéhez. A *második* szakasz, mely 2-től 4-ig terjed, felső részében a sugárkoszorún, alsó részében — rövid szakaszon — a belső tok legfelsőbb részén halad át a külső tokba. Ez a rendszer erősebbik részét képezi. Sugárzási vonalai úgy hajlanak, hogy ezen vonalak iránya és a sugárkoszorú kötegeinek iránya 90° vagy 90° körüli szöget zárnak be egymással. A második szakasz sugárzási területe 45°-kal terjed a vízszintes vonal alá.

A XVII. tábla 7. ábrájának jelzései ugyanazok, mint fent. Homlokirányú metszet a látótelepen és a lencsemagon keresztül. Az oldalgyomrocs felfelé és oldalra irányuló ékalakú rés.

A második réteg területe csökken. A gyomrocs felső sarkától oldalt beburkolja a farkostest farkát és a középvonal felé keskenyedő csíkban beborítja a látótelep felső felszínét.

Az átfúró-rendszer 1-től 2-ig terjedő első szakasza olyan, mint az előző táblán. A második szakaszt, mely 2-től 4-ig terjed, két részre kell osztanunk. A felső rész, mely 2-től 3-ig terjed, igen nagy (90°) sugárzási területtel rendelkezik, 2-től 3 felé a sugárzás irányvonala a sugárkoszorú irányvonalával mind nagyobb szöget zár be, 3-nál a bezárt szög eléri a 90°-ot. A második részben (3-tól 4-ig) az átfúró-rendszer belső határvonala és a sugárzás megindulása közé a belső tok legfelső harántul metszett rostnyalábjai helyezkednek. Ezeket átfúrva, igen erős sugárzás indul a külső tok és legkülsőbb tok felé. Ezen második szakasz sugárzási területe 15°. Annyi, amennyivel az egész rendszer sugárzása a vízszintes vonal

alá tér el. Az átfúró fonalakat a külső tokban nem lehet messzire követni. Egyenesen lefelé huzódnak s lassanként elvesznek. Az a néhány rost, ami a claustrumba behajlik, ott eltűnik. *A claustrumot végfonal nem fúrja át s ezért gliaarchitektoniai szempontból a kéreg alatti dúcok rendszeréhez kell soroznunk.* A legkülsőbb tokban a végfonalak sokkal lejjebb követhetők és hegyesszögben, vagy derékszögben meghajolva hatolnak be a sziget kérgébe.

A XVIII. tábla 8. ábráján a látótelep és ammonszarv átmetszetét látjuk. Két átfúró-rendszert találunk itt, az oldalgyomrocs háromszögű részének és alsó szarvának átfúró-rendszerét.

Az oldalgyomrocsot körülvevő második réteg igen vékony, a gyomrocs felső sarka alatt vékony rétegben burkolja a farkostest farkát s innen a középvonal felé keskenyedve a látótelep felső részére húzódik. Az oldalgyomrocs átfúró-rendszere itt már nincs annyira összenyomva a lencsemag tömegétől, mint az előző táblákon láttuk, ezért a sejtek sűrűsége csökken és azt a látszatot kelti, mintha az átfúró-rendszer oldalsó része hátrafelé csekélyebb fejlettségűvé válna. Ugyancsak a lencsemag eltűnésére vezethető vissza az a körülmény, hogy az átfúró-rendszer belső határvonalának egyenlő szakaszainak sugárzási területe közti különbség nem oly nagy. A lencsemag eltűnésével egyidejűleg fokozatosan nő a rendszer sugárzási területe a vízszintes vonal alatt. Ezen a metszfelületen a sugárzási terület 70°-kal terjed a vízszintes vonal alá. A vízszintes vonal alá térő fonalak a látótelep kisugárzásának a kötegeit derékszögben metszik. Az idegrostkötegek között nagyszámú hátulról előre irányuló átfúró nyúlványt találunk, amik kétségtelenül hátulról térnek be a külső és legkülsőbb tokba.

Az alsó szarv második rétege az alveus felé igen vékony. Az alsó mellső szögletben a *subiculum* felé irányuló hosszú vékony kihúzódása van. Az oldalsó részen a második réteg sokkal szélesebbé válik, felhajlik az alsó szarv tetejére s részben a farkostest farkát is beburkolja.

Az alsó szarvnak két egymástól teljesen független átfúró-rendszere van. *Egyik* a jelentéktelen *medialis*, mely az *alveus* fehérállományába küldi nyúlványait s az *alveus* típusos architektoniáját képezi, amiről már volt szó.

A *második* az igen jelentékeny *oldalsó átfúró-rendszer*, mely az

egész halántéklebenyt ellátja átfúró rostokkal. Kezdődik fent a farkostest farkának oldalsó részén és ívben lefelé kanyarodva a második réteg vékony csíkjának végéig tart. Ez az átfúró-rendszer a *subiculumig* küld végfonalakat az agykéregbe, melyek majdnem vízszintes lefutásúak s a második réteg vékony csíkjából erednek. Innen, mint a táblán látjuk, az átfúró-rendszer legyezőszerűen, egyenletesen sugárzik a halántéklebeny kérgébe, miután a tapetum harántul metszett nyalábjait átfúrta. A két átfúró-rendszernek, mint a táblán látjuk, a látótelep kisugárzásában közös sugárzási területe van.

A XVIII. tábla 9. ábráján homlokirányú metszlapot látunk a fali és halántéklebenyből, a *kérgestest spleniumának* síkjában. A homokóra alakú gyomrocslumen felső része: V L az oldalgyomrocs háromszögletű részének részlete; az alsó V I az oldalgyomrocs alsó szarvának kezdeti része. A *splenium* alatt, V I-től medial felé H-nál az *ammonszarv* felső részének tangentialis metszetét látjuk. Közte és a gyomrocsfal között az *alveus* helyezkedik el. (a.)

A második réteg csak a gyomrocsrendszer oldalsó részén ér el említésreméltó vastagságot, legvastagabb a gyomrocsok közti behuzódásban, ahol a behuzódást majdnem áthidalja. Alul *b*-nél az előző táblán már leírt vékony kihúzódást látjuk.

Ez a metszfelület az előző táblán leírt két átfúró-rendszer egymásba való közvetlen átmenetét mutatja. Látjuk, hogy az átfúró-rendszer sugárzási területe az egész metszfelületre kiterjed, s belső határvonala fordított C alakú. A C betű nyilásában a *splenium* helyezkedik el. A második réteg és a sugárzás megindulásának vonala közé igen vastag idegrostkötegek helyezkednek, melyek legnagyobbrészt a kérgestestből jönnek. Az átfúró-rendszernek 1-től 2-ig terjedő része a kérgestest kisugárzását átfúrva, a rendszer gyengébb felső részét képezi. A 2-től 3-ig a fonalaknak és sejteknek még egy második idegrostkötegen kell áthaladniok, mely lefelé és a középvonal felé mindjobban vékonyodó J alakjában veszi körül a gyomrocsok oldalsó és alsó részét. Ez a külső rostréteg harántul metszett idegrostokból áll, melyek között az átfúró-rendszer sejtjei gliaseptumok alakjában hatolnak át. Ezek a septumok a *felső*, függőleges harmadban ovális idegkötegeket határolnak: a *középső* harmadban a kötegek mind keskenyebbé válnak,

majd hosszú gerendákká alakulnak át. Az *alsó* harmadban a rostkötegek ismét szélesednek, köralakúakká válhatnak. A második réteg alsó vékony kihúzódásából kiinduló átfúró-rendszer a *gyrus hyppocampit* látja el átfúró rostokkal. A 2 és 3 közti vonalból kiinduló átfúró-rendszer erőssége az egész vonalon nagyjából egyenlő s erősebb, mint a rendszer felső 1-től 2-ig terjedő része.

A XVIII. tábla 10. ábráján az oldalgyomrocs hátsó szarvát beborító vékony második rétegből kiinduló átfúró-rendszert látjuk.

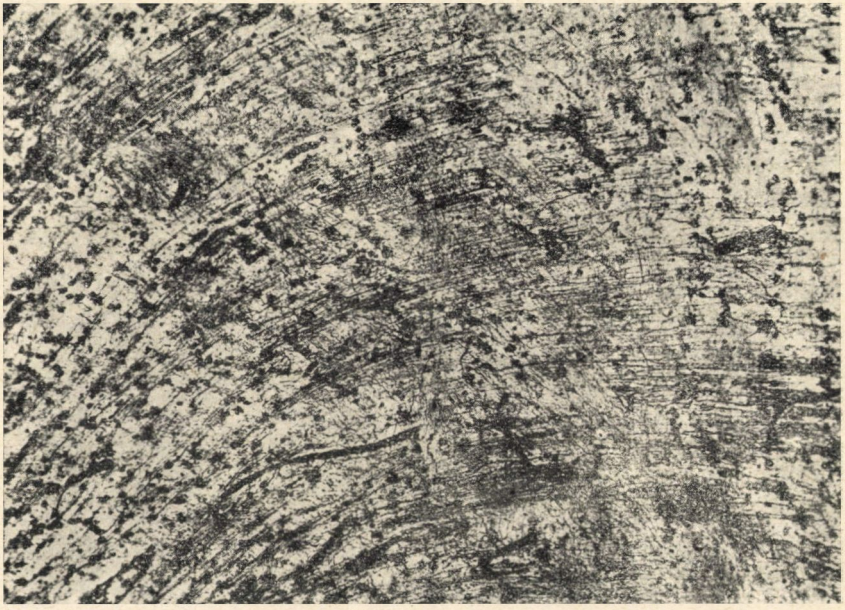
Az átfúró-rendszer belső határvonala mint látjuk megszakítás nélkül veszi körül a hátsó szarvat. A medialis oldal sugárzása gyengébb az oldalsónál, ahol az 1, 2, 3 vonal mentén az átfúró fonalaknak és sejteknek harántul metszett idegrostkötegeken kell átnyomulniok. Leggyengébb az átfúró-rendszer a *fissura calcarina* völgyében (fc), mely részlet egyébként egyike azon részleteknek, ahol az átfúró-rendszer belső határvonala igen közel esik az agykéreg alsó részéhez.

A halántéklebeny csúcsát az alsó szarv átfúró-rendszerének hátulról előre hajló, a nyakszirti lebeny csúcsát a hátsó szarv átfúró-rendszerének elölről hátra hajló rostjai látják el végfonalakkal, hasonlóan a homloklebeny csúcsához (XVI. tábla. 2. ábr.). Ez a tény vízszintes metszlapokból állapítható meg. (1. sz. fot.)

Látjuk tehát, hogy az oldalgyomrocsrendszernek a kéreg alatti szürke magvaktól nem borított felületéről ú. n. átfúró sejtekből fonalak indulnak az agykéreg minden egyes pontjára. A félteke átfúró-rendszere egységes, sehol sem szakad meg. Az előbbi leírás kapcsán ismertetett részletek megszakítás nélkül mennek át egymásba. Kezdődik az elülső szarv alsó szegletében, innen ívalakban felkanyarodik a felső szegletre, ezen végighaladva szétterül a középső rész tetején és oldalsó szegletén. A háromszögű részben egyrészt ráterjed az alsó szarv alsó és oldalsó részére, másrészt megszakítás nélkül folytatódik a hátsó szarv egész körfogatára.

Az emberi agyvelő átfúró-rendszerének fejlődésében két periódust kell megkülönböztetni, *aktív* és *passzív* szakot. Az *aktív* szakban az unipolaris sejtek nyúlványai sugárirányban önmaguktól nőnek az agykéreg felé s ott a pia materen megtapadnak. A *passzív* szakban az agyvelő részeinek (gyomrocs, kéreg, fehérállomány, kéreg alatti magvak) egymáshoz való térbeli és térfogat-

beli viszonya erősen megváltozik. Ennek tulajdonítható az, hogy a nyúlványok egyenes, sugárirányú lefutása módosul, erős elhajlást mutat, s ezenkívül szinte hihetetlen mértékben *megnyúlik*. Az agyvelő barázdálódása a végfonalak egyszerű sugárirányú lefutását erősen megváltoztatja és bonyolulttá teszi. Amilyen arányban növekedik a félteke térfogatának viszonya a gyomrocs térfogatá-



1. sz. fot. Az átfúró-rendszernek a sugárkoszorún áthaladó része. A sugárzás iránya felülről jobbra oldalfelé, majd lefelé irányul és ívben meghajlott. (Cajal impr., obj. 3., oc. 4., kh. 60 cm.)

hoz képest a félteke javára, annál nehezebben érik el a rendszer fiatal sejtjei végcéljukat: az agykérget borító lágyagyhártyát. Bizonyos fejlődési fokot elérve a féltekék vaskos tömege a fiatal sejtek számára átjárhatatlanná válik. Ezek a sejtek vagy véredényhez kapcsolódnak, vagy eredeti irányukból elhajlanak, s az útjukat álló erős idegrostrendszer lefutásába kapcsolódnak.

Az újszülött féltekéinek átfúró-rendszere tehát kétfajta sejtből áll. Olyanokból, amelyek az aktív szakban a félteke vékony

lemezét valóban átfúrták s azután a fejlődés folyamán erősen megnyúltak, s fiatal sejtekből, melyek a vastag féltekéket már nem tudják átfúrni és hosszú nyúlványuk a féltekék idegi vagy mesodermalis szerkezeteihez alkalmazkodik.

II. A fehérállomány rétegeinek finomabb szövettana.

1. Az *ependyma-sejtek rétege* azokon a helyeken, ahol az oldalgyomrocs falai hegyes szögben találkoznak, megvastagodik. A sejtek ezeken a helyeken magnyúlnak, a magvak elnyúlt ovális alakúak. Ugyancsak erősen megvastagodik ezeken a területeken az ependyma-rostok rétege s rendszerint elvesztik a gyomrocsfelszínre merőleges irányukat. Az ependyma rostok rétegében apolaris elemeket és az ependymából kivált bi- és unipolaris sejteket találunk, kisugárzásuk elülről hátrafelé megváltozik. Az oldalgyomrocs középső részében a szeglet feletti részről kiinduló sugárzásnak legerősebb nyalábja azonnal ívszerűen lehajlik, behatol a második rétegbe, elhalad a farkostest farka felett, áthatol a belső tok felső, harántul metszett nyalábjain (XVII. tábla, 6. ábr. 4.) s csatlakozik a külső tokba irányuló átfúró fonalakhoz.

Az ependymából származó polaris sejtek magva ovális, hosszuk 5—5·5 μ. A mag két pólusából kiinduló plasmanyúlványokban világosan láthatók a gliosomák fészkei. A plasma halványan impraegnálódik, csaknem valamennyi sejtnek nyúlványa behatol a második réteg belső részébe.

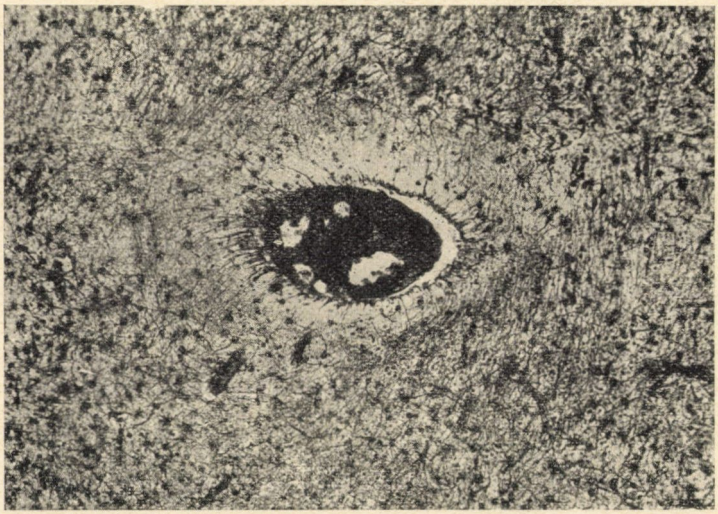
Az ependyma-rostok, az ependymából származó uni- és bipolaris sejtek a véredényekkel nincsenek kapcsolatban. Az ependymalis-rendszer és a második réteg átmeneti zónájában néhány astroblast vékony nyúlványt bocsájt a hajszálerek felszínéhez.

Az ependymalis sugárirányú rostok rétege a háromszögletű résztől hátrafelé és az alsószarvban rendszerint hiányzik.

2. A *második réteg* a legsejtdúsabb. A gliasejtek mellett nagy számban találhatók apolaris elemek, melyek szétszórtan kisebb-nagyobb halmazokban, vagy a véredények falát többszörös sorban körülvevő beszűrődés formájában mutatkoznak. A második réteget

két részre oszthatjuk, belsőre és külsőre. A két rész közti határt az impraegnatio alapszínének a megváltozása jelzi. A belső alapszíne rózsaszínű, a külső színtelen. A részek sejtbősége és a sejtek fejlettségi foka eltérő.

A *belső rész* sejtjeinek (virágcsokorsejtek és astroblastok) magva kerek, 5—6 μ nagyságú és sötéten impraegnálódik. A mag majdnem mindég excentrikus fekvésű, a plasma állománya homogen.



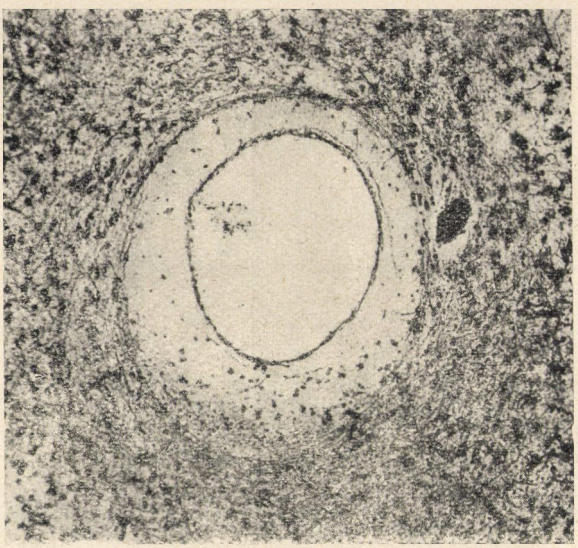
2. sz. fot. Perivascularis zóna a második rétegben. A perivascularis zónát mindenfelől nagyszámú glialáb hatja át. (Cajal impr., obj. 3., oc. 4., kh. 60 cm.)

Az unipolaris és bipolaris sejtek nyúlványai össze-vissza kanyarodnak, semmi határozott irányt vagy szerkezetet nem mutatnak.

A *külső rész* felé a sejtek száma csökken, magvaik nagyobbodnak (7—8 μ). Megtaláljuk itt is a belső rész sejtféleségeit, de fejlettebb állapotban. Az unipolaris sejtek nyúlványainak iránya mindjobban rendeződik s a külső rész külső határán párhuzamos az átfúró nyúlványokkal.

A második rétegben a véredényrendszer és gliaszövet közti kapcsolat gyenge. A praecapillarisok és capillarisok falába néha

nagyszámú unipolaris és virágcsokor-típusú gliasejt kapaszkodik, de ezek a nyúlványok mind igen vékonyak. Itt-ott előfordulnak különösen a virágcsokor-típusú sejteknél, vastagabb glialábak is. Igen érdekesen viselkednek a nagy vénák a második rétegben. A nagy vénákat itt 20—30 μ vastag perivascularis zóna övezi. Ez a zóna vagy teljesen üres s a sejtdús környezetből élesen kiválik, vagy tömve van apolaris elemekkel. Az apolaris elemek tömege a



3. sz. fot. Perivascularis zóna a második rétegben. A perivascularis zóna csaknem teljesen glialábmentes. (Cajal impr., obj. 3., oc. 4., kh. 60 cm.)

szabályos perivascularis zónát deformálhatja. Egyes vénák perivascularis zónáját sugarasan nagyszámú vékony glialáb hatja át, míg a közvetlen szomszédos vénák perivascularis zónáját egyetlen glialáb sem közelíti meg. (2, 3. sz. fot.)

3. A *harmadik réteg* az átfúró-rendszeré, mely rendszer, mint ismeretes, olyan sejtekből áll, melyek főnyúlványaikat az agykérgen keresztül a lágyagyhártyához küldik. De belülről kifelé haladva az autonom-rendszer perivascularis és véredényektől független elemei mind erősebb mértékben vesznek részt a harmadik

lemez gliaarchitektoniájának a kialakításában. Az átfúró-rendszer sejttelepében a sejtek sűrűsége belülről kifelé csökken.

A harmadik réteg alaparchitektoniája a következő: Az egész réteget rendkívül sűrű egymással párhuzamos vékonyabb, vastagabb, göbös vagy síma glianyúlvány hatja át, mely nyúlványok sejtjei, az átfúró-rendszer elemei, a harmadik réteg különböző mélységében helyezkednek el. Ebbe a sűrű gliafátyolba ágyazódnak be a véredények, melyek rendszerint a fonalakkal párhuzamosak, az autonom-rendszer különböző fejlettségi fokon álló perivascularis és véredénytől független elemei és az idegrostok. A gliaelemek nyúlványainak rendkívül sűrű és plasmadús fonadéka egészíti ki a képet.

Ezt az egyszerű alaparchitektoniát a projectiós és commissuralis pályák fonadékai egyes területeken megváltoztatják. Ilyen fonatok a *sugárkoszorú*, a *látótelep kisugárzása*, az alsó szarvban az *alveus* és a *tapetum*. Ezek az idegrostfonatok legnagyobbrészt a harmadik réteg *belső részét* foglalják el. A fonatok a sűrű gliafátyolt szétnyomják, mely ezáltal septum módjára választja el egymástól az idegrostkötegeket. Az átfúró-rendszer sejtjeinek nyúlványai ezen a területen kanyargós lefutásúak, de a harmadik réteg *külső részében* ismét párhuzamos lefutásúakká válnak. Az idegrostkötegek kialakulása után fejlődő unipolaris sejtek nem tudnak az előttük tornyosuló akadályokkal megküzdeni, ezért vagy a septumfalakban nőnek szabálytalan irányokban, vagy a főnyúlványuk betér az idegrostkötegbe és ennek lefutásához csatlakozik. Az autonom-rendszer elemei egynéhány kivételével, amely a rostkötegbe ágyazódik, szintén a septumokba szorul s nyúlványai a septumban és az idegrostkötegben ágazódnak el. A harmadik rétegben utat törő idegrostkötegekben néhány autonom gliasejt s a septum unipolaris elemeiből származó gliafonál van.

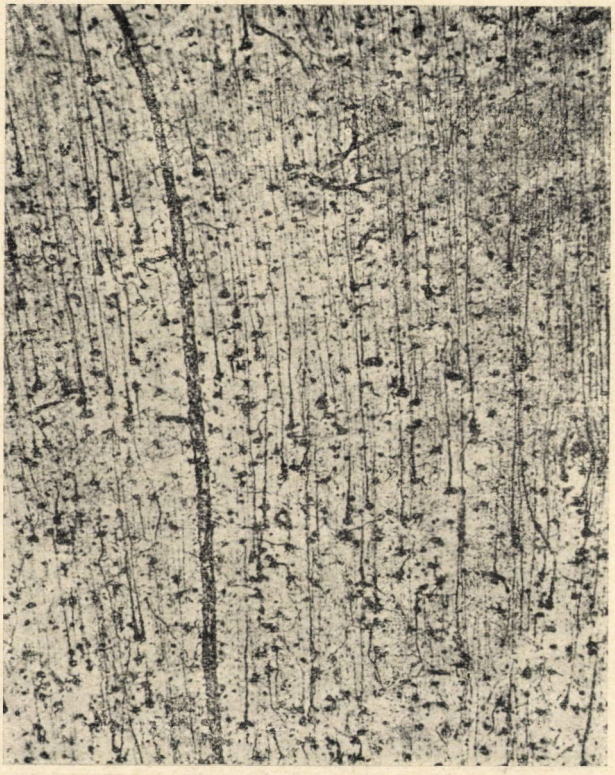
Az idegrostok lefutásának iránya változatos. Ennek megfelelően sokirányúak a rostkötegeket burkoló gliaszövetből álló csövek is s ebből magyarázható a harmadik réteg belső részének nagy gliaarchitektoniai változatossága. Az idegrostkötegek lefutásának sokféle iránya az átfúró-rendszer eredeti sugárzási irányát nem változtatja meg. Ez a körülmény a gliaváz praeformáltságával és a rostkötegek másodlagos benövésével magyarázható. (4. sz. fot.)

A harmadik réteg *külső részében* az átfúró-rendszer sejtjei akadálytalanul küldik fonalaikat az előző táblákban megjelölt irányokba. (5. sz. fot.)

4. sz. fot. A kép a IX. tábla 2′ jelzésű területén ábrázolja az átfúró-rendszert, amint az a harántul metszett rostkötegeken a harmadik réteg belső részén áthatol. Látjuk, hogy a septumrendszer architektoniája bonyolult. A mezők ovalis alakúak, mindenfelől zártak s egymás fölött több rétegben helyezkednek el. (Cajal impr., obj. 3., oc. 4., kh. 60 cm.)

Az oldalkamrák átfúró-rendszerének erőssége változó. A kérgestest kisugárzásán áthaladó részletnél erősebb a sugárkoszorún áthaladó részlet. (6., 7. sz. fot.)

A XIX. tábla 11. ábráján a főbb unipolaris sejttípusokat látjuk. Négy fősejttípust különböztetünk meg. A lopótöktípust (1, 4, 10), piramistípust (2, 3), a szabályos (5, 6), szabálytalan (7, 8, 9) körtetípust s az elnyúlt ovális vagy bogártípust (11, 12, 13, 14, 15, 16).



5. sz. fot. A harmadik réteg külső rétegének átfúró-rendszere. Cajal impr., obj. 3, oc. 4., kh. 60 cm.)

A sejtek vagy élesen elhatárolódnak a környezettől és síma felületűek, vagy a környezetbe hatoló kisebb-nagyobb tüskeszerű szemcsés nyúlványokkal vannak borítva, mely nyúlványokból kisebb-nagyobb szemcsehalmazok lefűződhetnek s ezek szabadon feküsznek a sejtek körül. Az ilyen sejtek konturja megegyezik az agykéreg plasmatikus gliasejtjeinek konturjával.

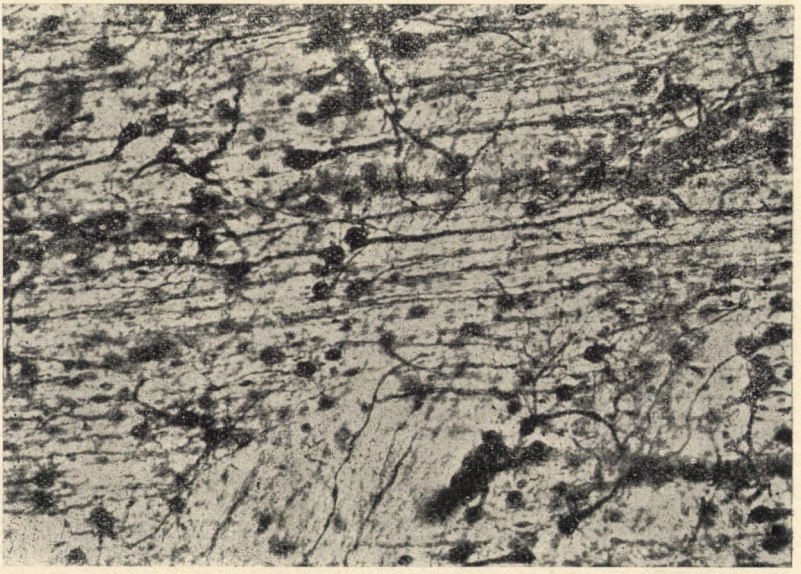
A *melléknyúlványok* teljesen hiányozhatnak (1, 4, 10), de valamennyi sejttípus változó számú, minőségű és elhelyezkedésű melléknyúlvánnyal rendelkezhetik. A melléknyúlványok meglehetős gyér elágazódásúak, legtöbbször semmi elágazódásuk nincs.

6. sz. fot. A kérgestest kisugárzásán áthaladó átfúró-rendszer. A kép közepén számos párhuzamos főnyúlvány gliaseptumot képez, melyet ezúttal tangentialisan metszettünk. (Cajal impr., obj. 5., oc. 4., kh. 60 cm.)

Lefutásuk módja változatos, az egyszerű tövisszerűtől a legkacskaringósabb lefutású nyúlványig minden változatot megtalálunk. A melléknyúlványok kiindulási helye egyes típusos helyeken kívül bárhol lehet a sejttesten. Ilyen típusos hely a sejtnek a főnyúlvánnyal szemben fekvő pólusa (2, 3). Típusos elhelyezkedésű mellék-

nyúlványokat látunk a 13. és 14. ábrán. Igen ritkán találunk a melléknyúlványok között típusos glialábakat (3). Néha azonban a szemcsés plasma egész tömegével reáfolyik a capillaris falára (9). *Az ilyen képek nagyon emlékeztetnek a plasmatikus glia és véredény között fennálló kapcsolatra.*

A plasmában, a főnyúlvánnyal szemben rendszerint könnyen megtalálható a *centriolum* kicsiny szabályos kerek folt alakjában.



7. sz. fot. A sugárkoszorún áthaladó átfúró-rendszer. Az előző képpel összehasonlítva nyilvánvaló a kettő közti különbség. A sugárzás és a sugárkoszorú rostjai 70°-os szöget zárnak be. Számos, idegrostokkal párhuzamosan haladó főnyúlvány is látható. (Cajal impr., obj. 5., oc. 4., kh. 60 cm.)

A *mag* kerek vagy ovális (13, 14). Nagysága a fejlődés előrehaladásával növekszik, azután ismét kisebbedik. Nagysága 5—12 μ között változik. A plasma és a mag impraegnálódási erőssége egymással lépést tart. A sejtmagnak a plasmában elfoglalt helyzete változó. Rendszerint közelebb van a sejtnek a főnyúlvánnyal szemben fekvő pólusához. Néha annyira excentrikus fekvésű, mintha a plasmától független lenne.

A sejtek *plasmastrukturája* olyan, mint a protoplasmatikus gliasejteké. A plasma különböző intensitással impraegnálódik. A majdnem egyneműnek látszó halványan impraegnálódó plasmától a koromfeketéig minden átmenetet megtalálunk, olykor foltos impraegnatiót is látunk. A plasma erős impraegnálódása a centriolum körül indul meg.

A plasma osmotikus úton igen nagymennyiségű nedvet vehet fel. A sejthártya valamelyik pontján a környező szövetnedvekre nézve félig áteresztővé válik (15) s ezen ponton a plasma felritkul, halványabb lesz. A behatoló folyadék a plasmarekeszeket vacuolaszerű képletekké tágítja. A folyadékgyülem vagy a mag körül helyezkedik el, vagy a sejt plasmáját két rétegre: külső (burkoló) kéregrészre s centralis magkörüli részre osztja. A sejt egész felülete áteresztővé válhatik, térfogata ilyenkor erősen megnövekszik s élesen impraegnálódó vékony plasmakéreggel bír (16). A folyamat előrehaladtával a plasmakontur kirojtosodik s kisebb-nagyobb plasmaszemcse-tömegecskék válnak függetlenné a sejttesttől (17). Ezzel egyidejűleg a plasma habos szerkezete eldurvul. A felvett nedv *nem* hatol a plasmagerendákba, hanem tömegénél fogva azokat széttolja s végül a structurát szétrombolja. A plasmagerendák anyaga — a tulajdonképpeni plasma — nem higul fel, *a gerendák nem duzzadnak meg. Ezt a folyamatot élesen el kell választani a gliasejtek plasmájának duzzadásától. A szóbanforgó folyamatnál a behatoló folyadék nem duzzasztja fel a plasmát, hanem structuráját fellazítja, majd szétrombolja.* A sejt szétrombolása alkalmával normális összetételű gliaplasmatörmelékek és szemcsék kerülnek a környező szövetekbe (8. sz. fot.).

8. sz. fot. Felritkult plasmájú gliasejt a sugárkoszorú, átfúró-rendszeréből. (Cajal impr., obj. homog. immers. I/12., oc. 4., kh. 60 cm.)

Az átfúró sejtek *főnyúlványainak* nagy része a sejttől, a fehér-

állományon és az agykérgen keresztül a *pia mater* felé halad. A végfonalakat a *str. zonale* alsó rétegéig követhettem. ACHUCARRO[1] az alacsonyabbrendű gerinces állatok neurogliáját tanulmányozván, felveti a kérdést: miért hatolnak a végfonalak a lágyagyhártyáig, mikor véredények falán éppúgy megtalálnák a mesodermalis kapcsolatot. Ő úgy véli, hogy 1. a fiatal véredények falából ill. endotheliumából még nem áramlik ki a hypothetikus chemotactikus anyag, ami a gliaplasmát a véredényhez vonzza, 2. a lágyagyhártya kötőszövetének vonzóereje bizonyos ideig felülmúlja a véredényfalakét. Én a végfonalak viselkedését következőképpen magyarázom: az agyvelő fejlődésének legprimitívebb stadiumában, mikor *véredények még nincsenek* az agyvelőben, a bipolaris spongioplastoknak *nincs más* mesodermalis tapadási lehetőségük a lágyagyhártyán kívül. Ezen a fejlődési fokon a spongioplastok az agyvelőhólyag falát (melyek a retina támasztósejtjeivel analog képletek) minden nagyobb nehézség nélkül fúrják át. A bipolaris spongioplastokból oszlás útján unipolaris sejtpárok lesznek, melyeknek külső tagjai — az átfúró sejtek — nyúlványaikat az agyvelő rétegein keresztül a lágyagyhártyához küldik. A fejlődés további menetét illetőleg utalok a 34. oldalon mondottakra, melyek szerint az újszülött agyvelejében helyesebben tesszük, ha nem átfúró-rendszerről, hanem *megnyúlt rendszerről* beszélünk.

A később fejlődő unipolaris sejtek, melyek a vastagodó féltekéken már nem tudnak áthaladni, a féltekék rostkötegeinek lefutásához csatlakoznak, vagy véredényekhez kapcsolódnak. A valódi átfúró nyúlványok is küldhetnek melléknyúlványt a véredényekhez, amint azt CAJAL leírta.

A főnyúlványokon lefutásuk egész hosszában sajátságos göcsöket találunk. ACHUCARRO[2] a béka elülső agyvelejében talált a gliafonalakon orsóalakú, lapos kiszélesedéseket, melyek annál gyakrabban léptek fel, minél távolabb volt a fonál az ependymalis rétegtől. Mindég véredény fala mellett találta ezeket a képződ-

---

[1] N. ACHUCARRO: De l'évolution de la névroglie etc. Trabajos, Tomo XIII. 170. oldal.

[2] N. ACHUCARRO: De l'évolution de la névroglie etc. Trabajos, Tomo XIII. 186. oldal.

ményeket, sőt némely fonál ilyen kiszélesedéssel végződött a véredényfalon. ACHUCARRO ezen duzzanatoknak nagy szerepet tulajdonított «indiquent des rapports intimes entre le protoplasme de la névroglie et les vaisseaux sanguins».[1] A duzzanatok reticularis szerkezetűek.

Az újszülött emberi agyvelőben ezen gliafonal-göcsök igen változatos alakúak, amiről a XIX. tábla 12. ábrája nyujt némi fogalmat. A göcsök a sejttesttől kb. 200—500 μ távolságra kezdődnek, itt a legnagyobbak, s a periferia felé mind kisebbek lesznek. Az egyes göcsöket a periferia felé mind vékonyabb fonál köti össze. Az agykéregben az összekötő fonalakat sokszor csak a legerősebb nagyítással láthatjuk. A göcs és az összekötő fonal reticularis szerkezetű, benne gliosomák hézagai láthatók.

9. sz. fot. Gliafonál-göcs plasmájának felritkulása. Jól látható a plasma habos szerkezetének eldurvulása. A plasmarekeszek eredeti nagyságuk sokszorosára megnőttek. A ritkulás a göcs szélén kezdődött, a tengely még érintetlen. (Cajal impr., obj. homog. immers. I/12., oc. 4., kh. 160 cm.)

A 12. ábra alsó sorában rendellenes fonalakat látunk. Az elsőn megfigyelhető, hogy a göcs plasmakonturját kisebb - nagyobb területen, sőt az egész plasmahártyát elveszti, s ekkor kisebb-nagyobb plasmaszemcsék vándorolnak ki a duzzanatból a környező szövetbe. A második fonalon látjuk, hogy a plasma nem minden esetben homogen, néha a közepén kis sziget formájában koromfeketére impraegnálódik. Az ilyen kép a fonálban lejátszódó osmotikus folyamatok eredménye. A harmadik és negyedik fonálon a sejthártya félig áteresztővé válásának az eredményét látjuk. A plasmastructura erősen fellazul s fonalas gerendás structurája jól kivehető. Ezek a képek ugyan-

[1] N. ACHUCARRO: De l'évolution de la névroglie etc. Trabajos, Tomo XIII. 185. oldal.

azt a plasma-felritkulást ábrázolják, amivel a sejttest leírásánál már foglalkoztunk. A folyamat itt is a plasmastructura szétrombolásához vezet, mivel kapcsolatban *a féltekék fehérállományában mindenütt gliaplasma válik szabaddá* (9. sz. fot.). Az ötödik és hatodik fonalon igen érdekes jelenséget láthatunk. A göcsökből igen fínom és nagyon rövid plasmanyúlványok hatolnak a környezetbe. Ezek a képek néha azt a benyomást keltik, mintha mag nélküli gliasejtekkel állanánk szemben.

Az újszülött emberi agyvelőben a göcsök a véredényekkel nincsenek vonatkozásban, az egyes fonalakon szabályos távolságokban követik egymást, *függetlenül a véredényektől.* Előfordul az is, hogy a göcs épp a véredény fölött képződik, amit véletlennek kell tartanunk. Annál is inkább, mivel a szabályos távolság betartásával keletkezett s szerkezete a többiével egyező.

Igen nehéz annak a kérdésnek az eldöntése, hogy a göcsök az élő normalis sejteken megtalálhatók-e, vagy azok a plasma halála után, vagy a még élő plasma és a fixáló folyadék egymásra hatása következtében jönnek-e létre. A göcsnek és a göcsöket összekötő fonál plasmastructurájának egyneműsége s a fonálnak két duzzanat közti egyenletes vastagsága arra engednek következtetni, hogy a göcsök az élő normalis sejt alkotó részei. A göcsök és fonál plasmaszerkezetének *eltérő* volta, valamint a fonál *egyenetlen* vastagsága a különböző fokú *vitalis reactiók* eredményeként foghatók fel.

Valószínű, hogy a göcsök és a sejttestek plasmarészecskéinek a környező idegszövetbe való szétszóródása és a perivascularis neurogliarendszernek a féltekék fehérállományának velősödésével kapcsolatos burjánzása között szoros oki összefüggés van.

A harmadik réteg sejttelepének belső határától, annak külső határa felé mind jobban növekszik az autonom-rendszer gliaarchitektoniai jelentősége. Azokon a területeken, ahol a projectiós és commissuralis pályák rostnyalábjai az átfúró-rendszerbe belenőttek, nemcsak ezen rendszer polaris elemeit tolták szét, hanem az autonom-rendszer elemeinek legnagyobb részét is, úgy hogy az így keletkezett rostnyalábok közti gliaseptumok képzésében az autonom-rendszernek is szerepe van. A harmadik réteg külső határán az autonom sejtek elhelyezkedése mind diffusabbá válik s éles átmenet nélkül megy át a negyedik rétegbe, melynek glia-

architektoniája az autonom-rendszer elemeiből és az átfúró-rendszer göcsös, vékony fonalaiból tevődik össze. (10. sz. fot.)

Tekintettel arra, hogy a harmadik és negyedik réteg autonom-rendszere között éles átmenet nincs, ezért a két réteg autonom-rendszerét együtt fogjuk tárgyalni.

10. sz. fot. Jellemző kép a IV. réteg agykéreg alatti gliaarchitektoniájáról. Látjuk a felfelé haladó göcsökkel ellátott végfonalak fátyolát, melyek közt az autonom-rendszer elemei helyezkednek el.

4. Az újszülött agyvelejében az autonom-rendszer nem minden tagja áll a véredényekkel vonatkozásban. Az újszülött agyvelő fehérállományának autonom rendszerét két részre kell osztanunk. A véredényekhez kapcsolódó elemekből álló *perivascularis-rendszerre* és a véredényektől független elemekből álló *szöveti-rendszerre*. Ebből a szempontból a neuroglia más szervek kötőszövetéhez hasonlóan viselkedik. Különösen akkor lesz még szembeötlőbb ez a hasonlóság, ha nemcsak az autonom-rendszer véredényektől független elemeit számítjuk a szöveti-rendszerhez, hanem az egész

agyvelő véredényektől független gliasejtjeit, tehát az átfúró- vagy helyesebben a *megnyúlt*-rendszernek véredényektől független elemeit is.

Orsós F. az egyes szervek kötőszövet-szerkezetével foglalkozó dolgozataiban megállapította, hogy a vizsgált szervekben két kötőszövet-szerkezetet kell megkülönböztetnünk: egy szervspecifikus statikai mechanikai szerkezetet (pl. a tüdőalveolusfalban a respiratorikus rendszert, melynek rostjai a hörgökből erednek; a nyirokcsomókban maga a reticulum) és egy a véredényeket kísérő, vagy azokkal vonatkozásban álló véredényszerkezetet. A szervekben a két kötőszövetszerkezet kölcsönös vonatkozásban van egymással. Ennek megfelelően, ha eltekintünk a gliaszövet egyéb élettani szerepétől, s pusztán ennek *statikai-dinamikai* functióit tartjuk szem előtt, úgy a központi idegrendszerben is két «kötőszöveti» rendszert kell megkülönböztetnünk: a szerv-specifikus *szöveti neuroglia-rendszert* és az építőanyag révén szerv-specifikus *perivasculáris neuroglia-rendszert*. A két rendszer itt is szoros vonatkozásban áll egymással.

A központi idegrendszer fejlődésével kapcsolatos statikai dinamikai és tömegviszonyok változásával a neuroglia és a véredényrendszer között kifejlődő kapcsolat indító okát könnyen megérthetjük. Ezen kapcsolat kifejlődését a spanyol iskola, élén Cajal-lal és Achucarro-val chemotactikus úton magyarázták. Cajal véleménye szerint «nada tendria de extrano que la substantia excitadora de la orientación del pediculo consistiera en algun fermento liberado por las células endoteliales»[1] Achucarro szerint azért fejlődik ki először az átfúró-rendszer, mert eleinte a lágyagyhártya erősebb vonzóerőt gyakorol a neurogliára, mint a véredények. Később, a véredényrendszerrel való kapcsolat kifejlődésének késését a véredények tökéletlen fejlődésével magyarázza: «Nous serions incliné à croire que le développement des parois vasculaires n'est pas complété tout d'abord».[2] Ezt a feltevést igen nehéz lenne vala-

[1] S. R. Cajal: Contribución al conocimiento de la neuroglia del cerebro humano. Trabajos, Tomo XI. 304. oldal.

[2] N. Achucarro: De l'évolution de la névroglie etc. Trabajos, Tomo XIII.

mennyi véredényre általánosítani, mert ugyanazon agyvelőterület egyforma fejlettségi fokon álló véredényeinek perivascularis gliaszerkezete között igen nagy különbségek vannak (2, 3. sz. fot.)

Statikai-dinamikai szempontból következőképpen magyarázzuk e viszony kifejlődését. Kis tömegű agyvelő statikájának biztosítására elegendő a szöveti neuroglia-rendszer (az átfúró-rendszerrel együtt). Az agyvelő tömegének növekedésével ez a rendszer elégtelenné válik, s kifejlődik a perivascularis-rendszer, mégpedig minden véredény körül oly mértékben, amilyen fontos szerepet játszik az illető véredény az illető agyterület statikai-dinamikai biztosításában. Hogy a kapcsolat létrejöttében chemotaktikus erők közrejátszanak, az nagyon lehetséges, de a kapcsolat méreteit a statikai-dinamikai viszonyok szabályozzák.

A perivascularis-rendszer fejlődése a szöveti-rendszer rovására előrehaladó folyamat, mely a szöveti-rendszer eltűnésére vezet. Az újszülött agyvelejében a két rendszer még világosan felismerhető és elkülöníthető.

Az emberi agyvelőben az autonom-rendszer elemeinek fejlődésük folyamán nem kell a polaris stadiumon átesniök, hogy astroblastokká legyenek. A medulloblastokból direkte is kifejlődhetnek astroblastok.

A *perivascularis rendszer* a második és harmadik rétegben polaris sejtekből és astroblastokból, a negyedik rétegben kizárólag astroblastokból fejlődik.

A *szöveti rendszer* az újszülött agyvelő félteke fehérállományának negyedik rétegében astroblastokból áll, melyek a későbbi fejlődés folyamán szintén kapcsolatba lépnek a véredényekkel.

a) *Perivascularis-rendszer.*

A perivascularis-rendszer elemeit astroblastok s az astroblastoktól felfelé különböző fejlődési fokon álló ACHUCARRO-féle virágcsokorsejtek képezik. E sejtek finom szerkezetével nem foglalkozom, tekintettel a spanyol iskola részletes leírásaira, e helyett a perivascularis sejtek főnyúlványának, — a virágcsokorsejt nyelének — a viselkedését vázolom. A perivascularis-rendszer elemeit — a sejteknek és főnyúlványoknak a véredényekhez való viszonyát

véve alapul, — három csoportra oszthatjuk. Az egyes csoportokon belül igen sok eltérő típust különböztethetünk meg.

1. Az *első csoportot* azok a gliasejtek képezik, amelyek közvetlenül az ér falán ülnek. (XIX. tábla, 13. ábra felső sor) Ezek nem minden esetben a legfejlettebbek, vannak olyanok is, melyek főnyúlvánnyal még nem rendelkeznek (1. sz.). A véredények közelsége nincs befolyással a gliasejt fejlődésének a gyorsaságára. Az erek falán ülő gliasejtek túlnyomórészben típusos virágcsokorsejtek, melyeknek főnyúlványa igen vastag s lefutásuk módja igen változatos. Két főtípust különböztetünk meg:

a) A főnyúlvány változó lefutással követi a véredényt (XIX. tábla, 13. ábra felső sor 2, 3, 4, 5, 6).

b) A főnyúlvány közvetlenül a sejttest mellett körkörösen körülveszi a véredényt (7., 8.).

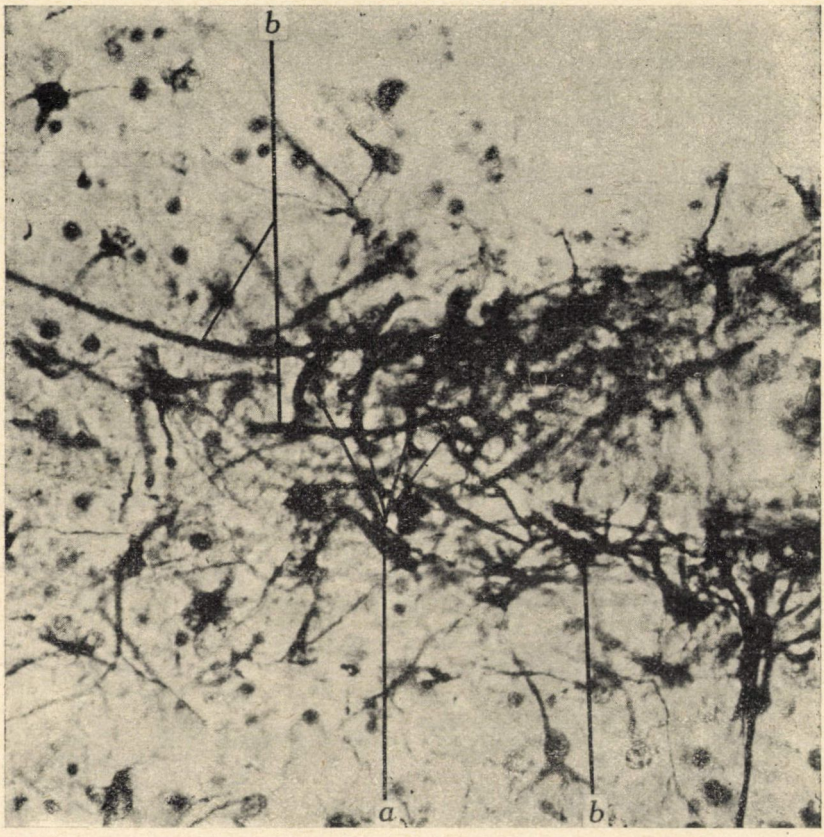
2. A perivascularis-rendszer *második csoportját* azok a gliasejtek képezik, amelyek főnyúlványaikat kisebb-nagyobb távolságról küldik a véredények falához (alsó sor). Általában minél közelebb fekszik a gliasejt a véredényhez, annál zömökebb s annál vastagabb e főnyúlványa. A teljesen kifejlődött főnyúlvány mindenütt egyforma vastag és síma. Vannak gliasejtek, melyek nem egy, hanem több főnyúlványt küldenek ugyanahhoz, vagy több más véredényhez. Ezeknek a sejteknek a statika (Penfield), közelebbről véve az erek irányának rögzítése szempontjából van nagy jelentőségük. A főnyúlványok ritkán ágazódnak el, végződési módjuk az ábrán látható.

3. A perivascularis gliasejtek *harmadik csoportja* főnyúlványát az érrel párhuzamosan fejleszti ki. Vagy csak egyik irányban, vagy mindkét irányban. Megtaláljuk őket a véredény közvetlen közelében, ezek a belső hosszanti rostok és a véredény falától távolabb is, ezek a külső hosszanti rostok. Ugyanehhez a csoporthoz kell számítanunk a véredényt nagyobb távolságban körülvevő circularis rostokat. A perivascularis rendszernek ez a csoportja különösen a harmadik és negyedik réteg átmeneti zónájában van erősen kifejlődve, míg a negyedik rétegben az agykéreg felé fokozatosan gyöngülve eltűnik. Megfelelnek ezek a sejtek az átfúró-rendszernél leírt azon sejteknek, amelyek a harmadik réteg belső részében az idegrostkötegek és véredények lefutásához csatlakoznak.

A *capillarisok* perivascularis-rendszere változó fejlettségű. A fejlettebb szakban a perivascularis-rendszer mindhárom csoportja résztvesz az alkotásában (11. sz. fot.).

11. sz. fot. A képen a negyedik réteg jellemző tulajdonsága látható: a neuroglia és véredényrendszer közti szoros kapcsolat. A capillarisok és praecapillarisok perivascularis rendszere igen fejlett. (Cajal impr., obj. 3., oc. 4., kh. 70 cm.)

A *praecapillarisok rostszerkezetének alapelemei:* 1. belső circularis és longitudinalis váz, melyet az első csoport sejtjei alkotnak. 2. Külső circularis és longitudinalis váz, alkotják a harmadik csoport sejtjei. 3. A kettő közti teret a második csoport sejtjei és nyúlványai töltik ki sűrű hálózat alakjában (12. sz. fot).



12. sz. fot. A képen praecapillaris erősen fejlett keresztmetszetét látjuk. A véredény oldalfalának saját glianyúlványrendszere jól látható. Az a-nál körkörös, a b-nél hosszanti nyúlványokat látunk, melyek egymással négyszögű területeket fognak közre. Ezeket a területeket a legkülönbözőbb irányú gyengébb fonalak hálózzák be. (Cajal impr. obj., 5., oc. 4., kh. 75 cm.)

Az 1. és 2. váz az ér saját rostrendszerét építi fel. A 3. váz az agyvelő statikája szempontjából bír nagy jelentőséggel.

A *nagyobb erek* keresztmetszetein a 2. csoport sejtjei dominálnak.

b) *A szöveti rendszer.*

A szöveti-neurogliarendszert alkotó gliasejteket nyúlványaik alapján három csoportba oszthatjuk:

1. Gliasejtek, melyek főnyúlványt nem fejlesztenek egyik irányban sem, valamennyi nyúlványuk egyenrangú.

2. Gliasejtek, melyeknek főnyúlványa, vagy nyúlványai meglehetős hosszú lefutás után valamelyik véredénybe kapaszkodik. Jellemző rájuk, hogy a nyúlványok a sejttől távolodva mindjobban vékonyodnak, mellékágakat adhatnak le, a főág seprűszerűen felrostozódhat a tapadás előtt. A nyúlvány a perivascularis sejtek főnyúlványaitól eltérően sok véredény mellett elmegy a nélkül, hogy azok rostrendszerének a képzésében résztvenne. E sejtek főfeladata a fehérállomány gliarostrendszerének kiépítése.

3. Legfontosabb szerepet játszanak a fehérállomány gliarostszerkezetének a felépítésében az uni- és bipolaris gliasejtek, amelyekről előző leírásaink kapcsán már bőven szólottunk.

A harmadik rétegnek azon a területein, melyeket commissuralis és projectiós nyalábok hatnak át, ahol a gliaszövet septumok alakjában összepréselve fekszik, az egyszerű astroblastok kisebb-nagyobb gliahalmazokat képeznek, melyek 5—8 sejtből állanak. Ezek a sejtek nyúlványaikat az idegrostnyalábok közé küldik, egyik-másik a nyalábot teljesen átfúrva a szomszédos septum falában végződik. Magukban az idegrostkötegekben nagyon ritkán találunk gliasejtet. A fasciculumok gliasejtben rendkívül szegények. A harmadik és negyedik réteg határán az astrocyták elhelyezkedése mindinkább diffussá válik, a negyedik rétegben pedig teljesen szét vannak szórva.

Az átmeneti sejtek a harmadik és negyedik réteg határán helyezkednek el.

A negyedik réteg diffus gliaarchitektoniáját nagy mértékben megváltoztatják a szomszédos kéregterületeket és az egymástól távolabb fekvő kéregterületeket összekötő tömött associációs rostok.

Egyes területeken az agykéreg alatt, a barázdák és hasadékok mélyén különösen, a fehérállomány gliaarchitektoniája keskeny zónában élesen elkülönül a negyedik réteg mélyebb részének glia-

architektoniájától. A gliasejtek az idegrostok irányában erősen elnyúltak, homokóra alakúak, a rostok irányában lefutó véredényekhez sugárzási területük hossztengelyére merőlegesen számos vékony glialábat bocsátanak. A megnyúlt rendszer fonalai akadály nélkül követhetők ezen a rétegen keresztül az agykéreg felé.

A távolabbi agykéregrészleteket összekötő associációs pályák közül az öv érdemel különösebb figyelmet, a *megnyúlt*-rendszer viselkedése szempontjából. Láttuk, hogy a projektiós és commissuralis pályák a harmadik réteg belső határán mikép módosítják az alaparchitektoniát (gliaseptumok, stb.). A harmadik és negyedik réteg határán fekvő *öv* rostjai a *megnyúlt*-rendszer elemeit félretolva, gliaseptumokat képeznek. A kérgestest és az öv kisugárzásának septumrendszere egymással derékszöget képez.

*

Ezen fejezet bevezetőjében már utaltam a neuroglia és véredényrendszer viszonyának főjellemvonására a féltekék fehérállományában. Láttuk, hogy belülről kifelé haladva a véredényrendszer és gliaszövet közti kapcsolat mind szorosabbá vált. Míg a tulajdonképeni ependymalis-rendszer a véredényekkel nem állott kapcsolatban, addig a negyedik réteg gliaarchitektoniája a vasoarchitektonia legszorosabb függvénye (11. sz. fot.) ACHUCARRO vizsgálataiból tudjuk, hogy az alacsonyabb rendű gerincesektől felfelé a glio-vascularis viszony fokozatosan fejlődik ki. Az emberi agyvelő erős glio-vascularis viszonya, mely legszembetűnőbben a negyedik rétegben jelentkezik, példa nélkül áll a gerinces állatok agyszövetében.

Az újszülött emberi agyvelő féltekéjének gliaarchitektoniája a neuroglia fejlődési stadiumainak sajátos keverékéből épült fel. A féltekék négy rétegének gliaarchitektoniája a neuroglia phylogenesisének különböző fokozatait képviseli. Belülről kifelé haladva a phylogenesis mind későbbi fokozatainak felel meg az egyes rétegek gliaarchitektoniája. De az egyes rétegek nem tartalmazzák tisztán az egyes fejlődési fokozatokat, hanem úgy fel-, mint lemenőleg azok keverékéből tevődnek össze.

Az emberi agyvelő féltekéinek fehérállományában, a gyomrocsoktól kifelé az egyes rétegek egymástól eltérő gliaarchitektoniai

fejlődéssel bírnak. Fel kell tételeznünk, hogy ez okból ezen rétegek neurogliája egymással szemben funktionalis és dispositionalis különbségeket mutat, mikből kifolyólag az egyes rétegek kóros behatásra megbetegedéssel reagálnak, míg más rétegek érintetlenek maradnak. Ismerve a neurogliának a specifikus idegszövet érdekében kifejtett tápláló szerepét, világos, hogy a neurogliának kóros ártalmak által előidézett megbetegedése a velős hüvelyek megbetegedését vonja maga után.

Valószínűleg a megnyúlt-rendszer pathologiája van a kóros velősödés és a velőhüvelyek későbbi megbetegedéseivel igen szoros kapcsolatban.

ÖSSZEFOGLALÁS.

1. Az újszülött ember agyvelejének neuroglia elemeit két szempontból csoportosították: az ACHUCARRO-féle fejlődéstani szempontból és a neuroglia elemeinek a véredény-rendszerhez való viszonya szempontjából.

A fejlődéstani felosztás 3 rendszert különböztet meg: 1. *ependymalis-rendszert*, 2. *átfúró-rendszert*, 3. *autonom-rendszert*.

A neuroglia és a véredények viszonya szempontjából két rendszert különböztetek meg: 1. *szöveti rendszert*, melynek elemei nincsenek véredényekkel vonatkozásban, 2. *perivascularis-rendszert*, melynek elemei a véredényekkel szoros vonatkozásban állanak.

Megvizsgáltam, hogy az agyvelő egyes területei gliaarchitektoniájának felépítésében, mely fejlődéstani rendszerek vesznek részt, milyenek ezek elemei s hogyan viszonylanak az utóbbiak a véredényekhez.

A) Agykéreg.

2. Az agykéreg gliaarchitektoniáját két fejlődéstani rendszer képezi. Végfonalai révén az *átfúró-rendszer* és túlnyomórészben az *autonom-rendszer*.

Kivételt képez a *fogazott szalag*, *az ammonszarv* és a *kérgestest szürke csíkjának* gliaarchitektoniája.

A *fogazott szalag* gliaarchitektoniájának felépítésében az alsó szarv faláról levált átfúró- és autonom-rendszeren kívül az ependymalis rendszerből fejlődött és a polymorph rétegben helyet-

foglaló differenciálatlan sejtek révén az ependymalis-rendszer is résztvesz.

Az *ammonszarv* és *kérgestest szürkeállományának* gliaarchitektoniájában az átfúró-rendszer elemei teljes egészükben vesznek részt.

3. A neuroglia és véredény-rendszer közti viszony a *rostos glia* területén (a str. zonale és alsó lemezekben) eléggé fejlett. A *str. zonalében* ez a viszony az agytekervény tetejétől a völgy felé erősödik. Különösen érvényes ez a szabály a *sinus sagittalist* környező kéregterületeken. A *protoplasmatikus glia területében* a viszony felülről lefelé erősödik. A gliaarchitektonia helyi fejlettségétől függően a felső rétegben (lam. II., III.) a viszony vagy egyáltalában nincs kifejlődve, vagy igen gyenge. A protoplasmatikus gliasejteket, a szívólábakkal közvetlen összefüggésben lévő, véredényfalakat borító, lukacsos, durván göröngyös szerkezetű gliaplasmahártya egyesíti összefüggő-rendszerré. Ez a hártya csak a protoplasmatikus glia területén mutatható ki.

4. Az agykéreg gliaarchitektoniai változatosságában három tényező szerepel: *a)* A protoplasmatikus és rostos glia területének változó aránya, ami elsősorban a cytoarchitektonia függvénye. *b)* Az egyes kéregterületek neuroglia rendszerének különböző fejlettségi foka. *c)* Az agykéreg barázdáltsága. A gliaarchitektonia a tekervény tetejétől a völgy felé jellemzően megváltozik.

5. Részletesebben foglalkoztam az isocortex infra et medioradiatus és az isocortex euradiatus főbb cytoarchitektoniai alaptípusainak gliaarchitektoniai fejlettségi fokával.

Az isocortex euradiatusban a cytoarchitektoniai alaptípusok gliaarchitektoniai fejlettsége a következő rangsorba állítható: 1. granularis coniocortex; 2. agranularis piramistípus; 3. granularis piramistípus; 4. granularis parietaltípus; 5. *a)* occipitalis polaris típus; *b)* frontalis polaris típus.

A fejletlenebb gliaarchitektoniájú kéregterületek a féltekék elülső felszínén, a fejlettebbek inkább a hátsó felszínén helyezkednek el.

6. A *fogazott magban* és *ammonszarvban* a harmadik és negyedik életévben talált unipolaris elemek nem jelentik ezen képletek lassú gliaarchitektoniai fejlődését, mivel a féltekék átfúró-rendszerének maradványai ezen időben még szintén feltalálhatók.

B) A féltekék fehérállománya.

7. A féltekék fehérállományának gliaarchitektoniai felépítésében a neuroglia mindhárom fejlődéstani rendszere résztvesz.

A féltekék fehérállományát négy gliaarchitektoniai rétegre osztom: 1. az *ependymalis-rendszer* rétegére; 2. az ependymalis-rendszerből fejlődött *differenciálatlan sejtek* rétegére; 3. az *átfúró-* vagy *megnyúlt-rendszer* rétegére; 4. a *diffus neuroglia-* vagy *autonom-rendszer* rétegére.

Az egyes rétegeken belül különböző részeket írtam le. Az egyes rétegek az agyvelő különböző területein eltérő módon viselkednek. (XVI—XVIII. tábla)

8. Az átfúró-rendszer fejlődésében az embernél *aktív* és *passiv* szakot kell megkülönböztetni.

Az *aktiv* szakban a bipolaris spongioblastok az agyhólyagok belső és külső falához aktive egy-egy sugárirányú nyúlványt bocsátanak. E sejtek a retina támasztó sejtjeivel analog képződmények. A spongioblastok az első oszlásnál külső és belső tagra oszlanak. A külső tagok képezik az *átfúró-rendszert*, a belsők *az ependymalis-rendszert*.

Az *alacsonyabbrendű gerinceseken* az idegrendszer fejlődése ebben a stadiumban befejeződhetik. Ezeknél jogosan beszélünk átfúró-rendszerről. Az *embernél* a féltekék tovább fejlődvén, mind több új képlet helyezkedik az átfúró-rendszer sejttelepe és a sejtek tapadási felülete közé. Ezzel az átfúró-rendszer nagymértékű passiv *megnyúlása* jár együtt. Ez a megnyúlás képezi az embernél az átfúró-rendszer fejlődésének második fejezetét. Ezért a 9 hónapos emberi újszülöttnél szószoros értelemben vett *megnyúlt-rendszerrel* állunk szemben. Megnyúlt, kiszélesedett a rendszer sejttelepe s megnyúltak a sejtek főnyúlványai.

A féltekék fejlődése folyamán a gyomrocsok, féltekék és kéreg-alatti szürke magvak egymáshoz való eredeti térbeli és tömeg-viszonya erősen megváltozik. Míg a primitív fejlődési stadiumban az elülső agyvelőhólyag külső felszíne csak kevéssel volt nagyobb az agyhólyag belső felszínénél, addig az újszülöttben a féltekék felszíne az oldalkamrákéhoz képest megsokszorozódott. Ennek az a következménye, hogy az eredetileg sugárirányú lefutással bíró

főnyúlványok meghajlott, szökőkútsugárszerű lefutással áramlanak a gyomrocsfelszín felől a kéreg felé.

9. Az újszülött ember megnyúlt-rendszerének sejttelepében kétféle sejtet találunk: olyanokat, amelyeknek nyúlványa az agykéregig követhető és olyanokat, melyeknek nyúlványa idegrostkötegekhez, vagy véredényekhez kapcsolódik. Az előbbiek a valódi «átfúró» sejtek, az utóbbiak nem tudván az egyre vastagodó féltekéken áthatolni, irányt változtatnak, s közönséges unipolaris sejtekké válnak. Az előbbiek az öregebb, az utóbbiak a fiatalabb sejtek. Az «átfúró»-rendszer sejttelepének tehát nem minden tagja «fúrja» át a féltekét az újszülöttnél.

10. Tekintettel a 8. és 9. pontban felsoroltakra, embernél az «átfúró»-rendszer elnevezés nem alkalmas s nem helyes. A 8. pontban elmondottak után egyedül jogos elnevezés a *megnyúlt-rendszer* lenne. A 9. pont alapján, tekintettel arra, hogy az eredeti sejttelep nem minden tagja nyúlt meg, a *polaris-rendszer* elnevezés lenne helyes.

11. A megnyúlt-rendszer az idegrostkötegeket a harmadik réteg belső részében 90° körüli szög alatt metszi. A szürke magvak a gyomrocsok felől kiinduló sugárzást elnyelik. Mivel a claustrumon végfonál nem halad át, gliaarchitektoniai szempontból a kéreg alatti szürkemagvakhoz kell sorolnunk.

12. A megnyúlt-rendszer sejtjei az életkor előrehaladtával fogynak. Normalis körülmények között a sejtek és nyúlványaik eltűnése a következő folyamat kapcsán megy végbe. A plasmahártya áteresztővé válik, a környező szövetnedv a sejtekbe hatol, s ott a nélkül, hogy a sejtplasmát felhigítaná és duzzasztaná, kisebb-nagyobb vakuolák alakjában megtelepszik. A vakuolák térfogatuknál és tömegüknél fogva a plasma belső szerkezetét felritkítják, majd szétrombolják. A folyamat végstádiumában a sejt és a nyúlványok kisebb-nagyobb plasmarögökké esnek szét. Ilyenkor változatlan összetételű gliaplasma válik szabaddá a központi idegrendszerben. A sejtek szétesése és a velősödés megindulása ugyanarra az időpontra esik, s a két folyamat mértéke egymással mindvégig párhuzamos.

13. A megnyúlt-rendszer fonalainak göcsei embernél a véredényekkel semmi vonatkozásban nincsenek.

Van a göcsöknek olyan megjelenési formája, ami az élő normalis agyvelőben való praeformáltságukat és létezésüket valószínűvé teszi.

14. A negyedik réteg gliaarchitektoniáját az *autonom-* és végfonalai révén a *megnyúlt-rendszer* képezi. Az autonom-rendszer elemei abból a szempontból, hogy a véredényekkel kapcsolatban állanak-e vagy sem, *perivascularis-* és *szöveti-rendszerre* oszthatók Nemcsak az autonom-rendszert, hanem a neuroglia mindhárom fejlődéstani rendszerét osztályozhatjuk ebből a szempontból. Ez a felosztás a fejlődő agyvelő statikai viszonyainak tanulmányozása alkalmával vált szükségessé. A szöveti-rendszer az agyvelő fejlődésével kapcsolatban mindjobban háttérbe szorul. Alkotórészei részben eltűnnek (megnyúlt-rendszer), részben véredényekhez kapcsolódva, a perivascularis-rendszer elemeivé válnak.

A szöveti-rendszer az elsődleges. A fejlődés kezdetén az ember idegrendszerében és az alacsonyrendű gerinceseknél csak a szöveti-rendszer képezi a támasztó szövetet. Amint a szöveti-rendszer elégtelenné válik, megindul a perivascularis-rendszer fejlődése.

A *perivascularis-rendszer* elemei:

1. Közvetlenül az ér falán ülő sejtek. A felnőtt normalis agyvelőben, mivel munkájukat már befejezték, elsorvadnak. Kóros folyamatoknál azonban ismét túltengenek.

2. Gliasejtek, melyek nyúlványukat bizonyos távolságból bizonyos szög alatt küldik a véredényhez. Állandóan szükség van rájuk statikai és trophikus működésük miatt, ezért mindig jól fejlettek.

3. Longitudinalis rostokat termelő gliasejtek.

B) A *szöveti-rendszer* elemei a következők:

1. Differenciálatlan nyúlványú gliasejtek (astroblastok).

2. Unipolaris gliasejtek, melyeknek jelentéktelen nyúlványa véredényhez kapaszkodik.

3. Teljesen független uni- és bipolaris gliasejtek.

4. Ide kellene még számítanunk a lágyagyhártyába kapaszkodó sejteket és az ependymalis sejteket is.

15. A medulloblastokból fejlődő gliasejteknek nem kell a polaris stádiumon szükségkép átmenniök. Legnagyobb részük egyenesen astroblasttá alakul át.

16. A féltekék fehérállományában a neuroglia és véredényrendszer közti kapcsolat belülről kifelé erősödik.

17. A féltekék fehérállományának négy rétege eltérő gliaarchitektoniai fejlődéssel bír. Ez a fejlődési különbség a négy réteg eltérő viselkedésének lehet okozója kóros behatásokkal szemben.

Irodalom.

N. Achucarro: De l'évolution de la névroglie et spécialement de ses rélations avec l'appareil vasculaire. Trabajos, Madrid. T.: XIII.

N. Achucarro: Contributión al estudio gliotectonico de la corteza cerebral. El asta de Ammon y la fascia dentata. Trabajos, Madrid. T.: XII.

N. Achucarro: Notas sobre la estructura y funciones de la neuroglia y en particular de la neuroglia de la corteza cerebral humana. Trabajos, Madrid. T.: XI.

Bailey u. H. Cushing: Gewebs-Verschiedenheit der Hirngliome.

S. Ramon y Cajal: Sobre un nuevo proceder de impregnation de la neuroglia y sus resultados en los centros nerviosos del hombre y animalos. Trabajos, Madrid. T.: XI.

Cajal S. R.: Contribución al conocimiento de la neuroglia del cerebro humano. Trabajos, Madrid. 11, 1914. T.: XI.

Fieandt: Beiträge zur Frage nach der feineren Struktur des Gliagewebs. Zieglers Beitr. Bd.: 51.

Folke Henschen: Referat über Gliome. Verhandlungen der Deutschen Pathologischen Gesellschaft, 1934.

O. Forster und W. Penfield: Der Narbenzug am und im Gehirn bei traumatischer Epilepsie usw. Zeitschr. f. d. ges. Neur. u. Psych. Bd.: 125.

A. Jakob: Normale u. pathologische Anatomie des Grosshirns.

F. Orsós: Über das elastische Gerüst der normalen und der emphysematösen Lunge. Zieglers Beitr. Bd.: 41.

F. Orsós: Das Bindegewebsgerüst des Knochenmarks im normalen und pathologischen Zustand. Ugyanott, Bd.: 76.

F. Orsós: Das Bindegewebsgerüst der Lymphknoten im normalen und pathologischen Zustand. Ugyanott, Bd.: 75.

F. Orsós: Fettgewebsstrukturen im Gallertmarke. Ugyanott, Bd.: 78.

F. Orsós: A tüdő vázrendszerének élettani és kórtani jelentősége.

K. Weigert: Beiträge zur Kenntnis der normalen menschlichen Neuroglia.

(A M. Tud. Akadémia III. osztályának 1936. dec. 14-én tartott üléséből.)

DIE GLIAARCHITEKTONIK DER GEHIRNHEMISPHAEREN DES NEUGEBORENEN MENSCHEN.

Von STEFAN ORSÓS.

ZUSAMMENFASSUNG.

1. Die Elemente der Gehirnneuroglia des neugeborenen Menschen sind von zwei Gesichtspunkten aus gruppiert worden: Vom entwicklungsgeschichtlichen Gesichtspunkt nach ACHUCARRO und von dem der Beziehung der Elemente des Nervenkittes zum Gefässsystem.

Die entwicklungsgeschichtliche Einteilung unterscheidet drei Systeme: 1. Das ependymale System, 2. das Durchbohrungssystem, 3. das autonome System.

Hinsichtlich der Beziehung der Neurogliaelemente zum Gefässapparat unterscheide ich zwei Systeme: 1. *Das gewebliche System*, dessen Elemente zu den Gefässen keine Beziehungen besitzen, 2. *das perivasculare System*, dessen Elemente zu den Gefässen die engsten Beziehungen haben.

Der Gegenstand meiner Untersuchung war der Frage nachzugehen, welche entwicklungsgeschichtliche Systeme im Aufbau der Gliaarchitektonik der einzelnen Gehirngebiete beteiligt, wie die Elemente dieser beschaffen sind und welche Beziehungen letztere zu den Gefässen aufweisen.

A) Gehirnrinde.

2. An der Gliaarchitektonik der Hirnrinde sind zwei entwicklungsgeschichtliche Systeme beteiligt: das *Durchbohrungssystem*

durch seine Endfasern und im überwiegenden Anteil das *autonome System.*

Ausnahme bildet die Gliaarchitektonik der *Fascia dentata,* des *Ammonhorns* und des grauen Streifens des *Corpus striatum.*

Im Aufbau der Gliaarchitektonik nimmt ausser der von der Wand des unteren Hornes abgeschnürten Durchbohrungs- und autonomen Systeme, auch das ependymale System teil, u. zw. durch die aus dem ependymalen System entwickelten und sich in der polymorphen Schicht befindenden undifferenzierten Zellen.

An der Gliaarchitektonik der grauen Substanz *des Ammonhorns* und des *gestreiften Körpers* nehmen die Elemente des Durchbohrungssystems in ihrer Gesamtheit teil.

3. Die Beziehungen zwischen Neuroglia und Blutgefässystem sind im Bereiche der *faserigen Glia* (Stratum zonale und die unteren Lamellen) ziemlich ausgebildet. Im Bereiche des Str. zonale nehmen diese Beziehungen von den Erhöhungen der Gehirnwindung in der Richtung des Tales zu. Diese Regel hat besonders für die Rindengebiete um den *Sinus sagittalis* Gültigkeit. *Im Gebiete der protoplasmatischen Glia* verstärkt sich diese Beziehung von oben nach unten. In Abhängigkeit vom lokalen Entwicklungsgrad der Gliaarchitektonik (Lam. II., III.) ist diese Beziehung entweder unentwickelt oder nur schwach angedeutet. Die protoplasmatischen Gliazellen werden durch die mit den Saugfüsschen in unmittelbarer Berührung stehende, die Gefässwände überziehende, gefensterte Gliaplasmamembrane von grob gekörntem Bau zu einem zusammenhängenden System vereint. Diese Membrane ist nur im Gebiete der protoplasmatischen Glia nachweisbar.

4. Die Mannigfaltigkeit der Gliaarchitektonik der Hirnrinde wird durch drei Faktoren bedingt: *a)* das sich wechselnde Verhältnis zwischen der faserigen und protoplasmatischen Glia, das in erster Reihe eine Funktion der Cytoarchitektonik ist; *b)* der unterschiedliche Entwicklungsgrad des Neurogliasystems in den einzelnen Rindengebieten; *c)* die Furchung der Hirnrinde. Die Gliaarchitektonik verändert sich in kennzeichnender Weise von der Erhöhung der Windung dem Tale zu.

5. Ich habe mich in eingehenderer Weise mit dem gliaarchitektonischen Entwicklungsgrad der wichtigeren cytoarchitektonischen

Grundtypen des Isocortex infra- et medioradiatus und des Isocortex euradiatus beschäftigt.

Die gliaarchitektonische Entwicklung der cytoarchitektonischen Grundtypen zeigt im Isocortex euradiatus folgende Grade: 1. granularer Coniocortex, 2. agranularer Pyramidentyp, 3. granularer Pyramidentyp, 4. granularer Parietaltyp, 5. occipitaler polarer Typ, 6. frontaler polarer Typ.

Rindengebiete mit weniger entwickelter Gliaarchitektonik befinden sich mehr an der Vorderfläche, die mehr entwickelten eher an der Hinterfläche der Hemisphaeren.

6. Die im 3. und 4. Lebensjahr im *Nucleus dentatus* und im *Ammonshorn* gefundenen unipolaren Elemente bedeuten nicht die langsamere Entwicklung der Gliaarchitektonik dieser Gebilde, da zu dieser Zeit auch die Reste des Durchbohrungssystems der Hemisphaeren noch nachweisbar sind.

B) Die weisse Substanz der Hemisphaeren.

7. Im Aufbau der Gliaarchitektonik der weissen Substanz der Hemisphaeren sind alle drei entwicklungsgeschichtlichen Systeme der Neuroglia beteiligt.

Die weisse Substanz der Hemisphaere teile ich in vier gliaarchitektonische Schichten ein: 1. die Schicht des *ependymalen Systems*, 2. die Schicht der aus dem ependymalen System entwickelten *undifferenzierten Zellen*, 3. die Schicht des *Durchbohrungs-* oder *verlängerten Systems*, 4. die Schicht der *diffusen Neuroglia* oder des *autonomen Systems*.

Innerhalb der einzelnen Schichten habe ich verschiedene Anteile beschrieben. Die einzelnen Schichten sind in den verschiedenen Gebieten des Gehirnes von unterschiedlichem Verhalten. (Tab. XVI—XVIII.)

8. In der Entwicklung des Durchbohrungssystems müssen wir bei dem Menschen eine *aktive* und eine *passive Periode* unterscheiden.

In der *aktiven* Periode schicken die bipolaren Spongioblasten zu der äusseren und inneren Wand der Hirnbläschen aktiv je einen radiär gerichteten Fortsatz. Diese Zellen sind mit den Stützzellen der Netzhaut analog gebildet. Die äusseren Glieder bilden das

Durchbohrungssystem, die inneren das *ependymale System*. Bei den niedrigeren Wirbeltieren kann sich die Entwicklung des Nervensystems in diesem Stadium schon abschliessen. Bei diesen sprechen wir also mit Recht von einem Durchbohrungssystem. Bei dem Menschen entwickeln sich die Hemisphaeren weiter, und es schieben sich immer mehr neue Gebilde zwischen dem Zellager des Durchbohrungssystems und der Haftfläche der Zellen. Hiedurch erfährt das Durchbohrungssystem eine passive *Verlängerung* hohen Grades. Diese Verlängerung bildet beim Menschen die zweite Periode der Entwicklung des Durchbohrungssystems. Hiermit befinden wir uns bei dem neun Monat alten menschlichen Neugeborenen im wahren Sinne des Wortes einem *verlängerten System* gegenüber. Es haben sich sowohl das Zellager des Systems, als auch die Hauptfortsätze der Zellen verlängert und verbreitert.

Im Laufe der Entwicklung der Hemisphaeren erfährt das räumliche und massenmässige Verhältnis der unter den Ventrikeln, den Hemisphaeren und der Rinde sich befindenden grauen Kerne eine starke Veränderung. Im primitiven Entwicklungszustand war die äussere Fläche des vorderen Hirnbläschens nur um weniger grösser als dessen Innenfläche. Dagegen ist die Oberfläche der Hemisphaeren des Neugeborenen ein Vielfaches der inneren Fläche der Seitenventrikel geworden. Die Folge dieser Tatsache ist, dass die ursprünglich radiär verlaufenden Hauptfortsätze sich nach oben biegen und wie die Strahlen eines Springbrunnens, von der Innenfläche der Ventrikel nach oben der Rinde zu verlaufen werden.

9. Im Zellager des verlängerten Systems des Neugeborenen lassen sich zwei Arten von Zellen unterscheiden: solche, deren Fortsätze bis zur Hirnrinde zu verfolgen sind, und solche, deren Fortsätze zu Nervenfaserbündeln oder Blutgefässen ziehen. Die ersteren sind die wahren «Durchbohrungszellen», letztere unfähig durch die immer zunehmenden Hemisphaeren durchzudringen, müssen ihre Richtung ändern und bilden sich hiedurch zu gewöhnlichen unipolaren Zellen um. Die ersteren sind die älteren, die letzteren die jüngeren Zellen. Nicht jede Zelle des Zellagers des «Durchbohrungssystems» bohrt also die Hemisphaere des Neugeborenen durch.

10. In Anbetracht der unter 8 und 9 angeführten Beobachtungen, ist die Benennung «Durchbohrungssystem» beim Menschen weder richtig, noch zutreffend. Auf Grund der unter 8 angeführten Angaben wäre die einzig richtige Benennung: das verlängerte System. Absatz 9 besagt jedoch, dass sich nicht jedes Glied des ursprünglichen Zellagers verlängert, wonach die richtige Benennung wiederum : polares System heissen müsste.

11. Das verlängerte System schneidet die Nervenfaserbündel im Inneren der dritten Schicht in einem Winkel von ungefähr 90 Grad. Die grauen Kerne verschlingen die von den Ventrikeln ausgehende Strahlung. Da das Claustrum von Endfasern nicht durchdrungen wird, müssen wir es vom Standpunkte der Gliaarchitektonik zu den subcorticalen grauen Kernen zählen.

12. Mit zunehmendem Alter nimmt die Zahl der Zellen des verlängerten Systems ab. Unter normalen Verhältnissen vollzieht sich das Schwinden der Zellen und ihrer Fortsätze im Laufe folgenden Prozesses: Die Plasmamembrane wird durchlässig und der sie umspülende Gewebssaft dringt in die Zellen ein, ohne das Plasma der Zellen zu verdünnen oder zu quellen, sondern er bleibt nur in Form grösserer oder kleinerer Vakuolen in der Zelle liegen. Die Vakuolen lockern infolge ihres Volumens und ihrer Menge die innere Struktur des Plasma, um sie schliesslich zu zerstören. Im Endstadium dieses Prozesses zerfallen die Zellen und ihre Fortsätze zu grösseren und kleineren Plasmaklumpen. Zu solcher Zeit wird im Zentralnervensystem Gliaplasma von unveränderter Zusammensetzung frei. Der Zerfall der Zellen und der Beginn der Markscheidenbildung fallen hinsichtlich des Zeitpunktes zusammen. Der Grad dieser beiden Prozesse lauft bis zum Schlusse parallel.

13. Die Knötchen der Fasern des verlängerten Systems stehen beim Menschen zu den Gefässen in keiner Beziehung.

Diese Knötchen weisen u. a. auch eine Erscheinungsform auf, die ihre Präformiertheit und Vorhandensein im lebenden normalen Gehirn wahrscheinlich macht.

14. Die Gliaarchitektonik der vierten Schicht wird durch das autonome System und durch das verlängerte System, bezw. dessen Endfasern gebildet. Die Elemente des autonomen Systems können hinsichtlich ihrer Beziehungen zum Gefässapparat, deren

Vorhandensein oder Fehlen, in ein *perivasculäres* und in ein *gewebliches System* untergruppiert werden. Von diesem Gesichtspunkt aus können wir nicht nur das autonome System, sondern alle drei entwicklungsgeschichtlichen Systeme der Neuroglia untergruppieren. Diese Betrachtungsweise hat sich beim Studium der statischen Verhältnisse des sich entwickelnden Gehirns notwendig erwiesen. Das gewebliche System wird im Laufe der zunehmenden Entwicklung des Gehirns in den Hintergrund gedrängt. Es verschwinden einerseits seine Bestandteile (verlängertes System), anderseits treten diese zum Gefässapparat in Beziehung und werden hiermit zu Elementen des perivasculären Systems.

Das gewebliche System ist das Primäre. Zu Beginn der Entwicklung des menschlichen Nervensystems und bei niedrigeren Wirbeltieren bildet nur dieses gewebliche System das Stützgewebe, sobald dieses unzureichend wird, beginnt die Entwicklung des perivasculären Systems.

a) *Die Elemente des perivasculären Systems:* 1. die unmittelbar an der Gefässwand sitzenden Zellen. Im normalen Gehirn des Erwachsenen sind diese, da sie ihre Arbeit verrichtet haben, atrophiert. Im Laufe pathologischer Prozesse können sie überwiegen.

2. Gliazellen, die ihre Fortsätze aus gewisser Entfernung und unter der Bildung eines gewissen Winkels zum Gefäss schicken. Sie sind infolge ihrer statischen und trophischen Aufgaben stets gut entwickelt.

3. Gliazellen, welche die longitudinalen Fasern liefern.

b) *Die Elemente des geweblichen Systems:*

1. Gliazellen mit undifferenzierten Fortsätzen (Astroblasten).

2. Unipolare Gliazellen, deren bedeutungslose Fortsätze sich um die Gefässe schlingen.

3. Vollkommen unabhängige uni- und bipolare Gliazellen.

4. Hierher gehören die sich an die weiche Hirnhaut haftenden Zellen und die Ependymzellen.

15. Die sich aus den Medulloblasten entwickelnden Gliazellen müssen notwendigerweise das polare Stadium nicht durchmachen. Der grösste Teil entwickelt sich unmittelbar zu Astroblasten.

16. In der weissen Substanz der Hemisphaeren wird die Beziehung zwischen Neuroglia und Gefässapparat von innen nach aussen immer inniger.

17. Die Gliaarchitektonik der vier Schichten der weissen Substanz der Hemisphaeren weist eine unterschiedliche Entwicklung auf. Vielleicht liegt in dieser entwicklungsgeschichtlichen Unterschiedlichkeit der Grund für das unterschiedliche Verhalten der vier Schichten krankhaften Einwirkungen gegenüber.

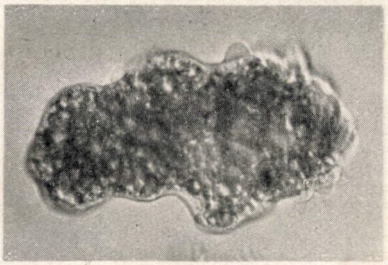
Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften vom 14. Dezember 1936.)

EGYETEMI KÖNYVTÁR
FOLYÓIRATOK
1938 39 I-622

EGYETEMI KÖNYVTÁR
FOLYÓIRATOK
SZEGED

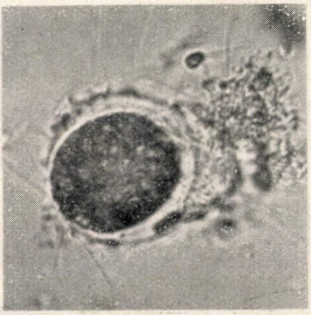
Sebestyén Olga:
A Hydramoeba hydroxena (Entz) Reynolds életmódjáról.

1

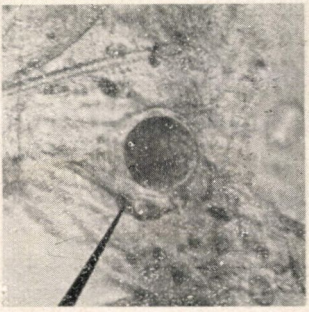


2

3

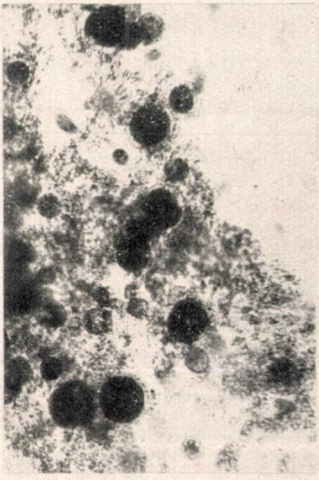


4



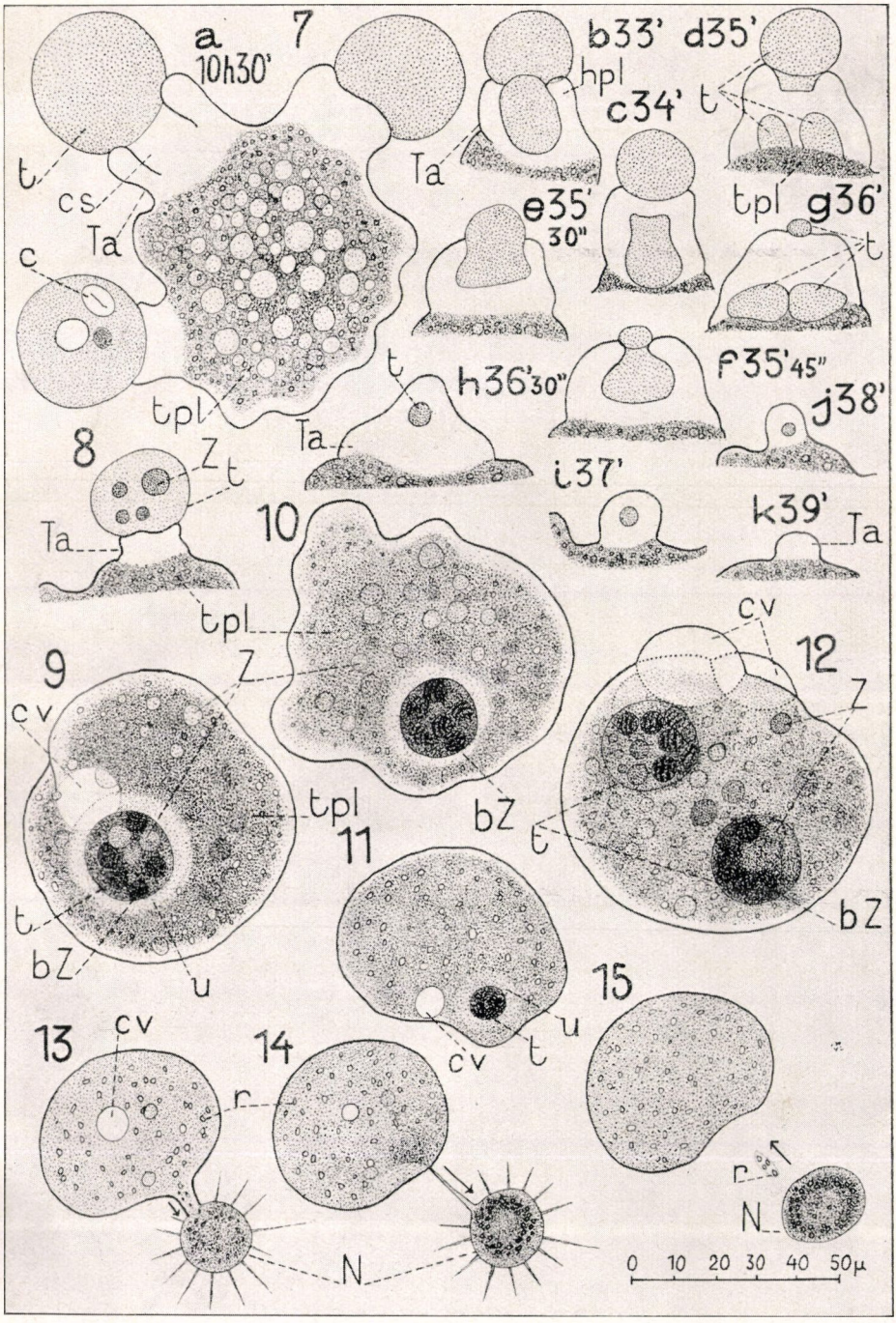
5

6



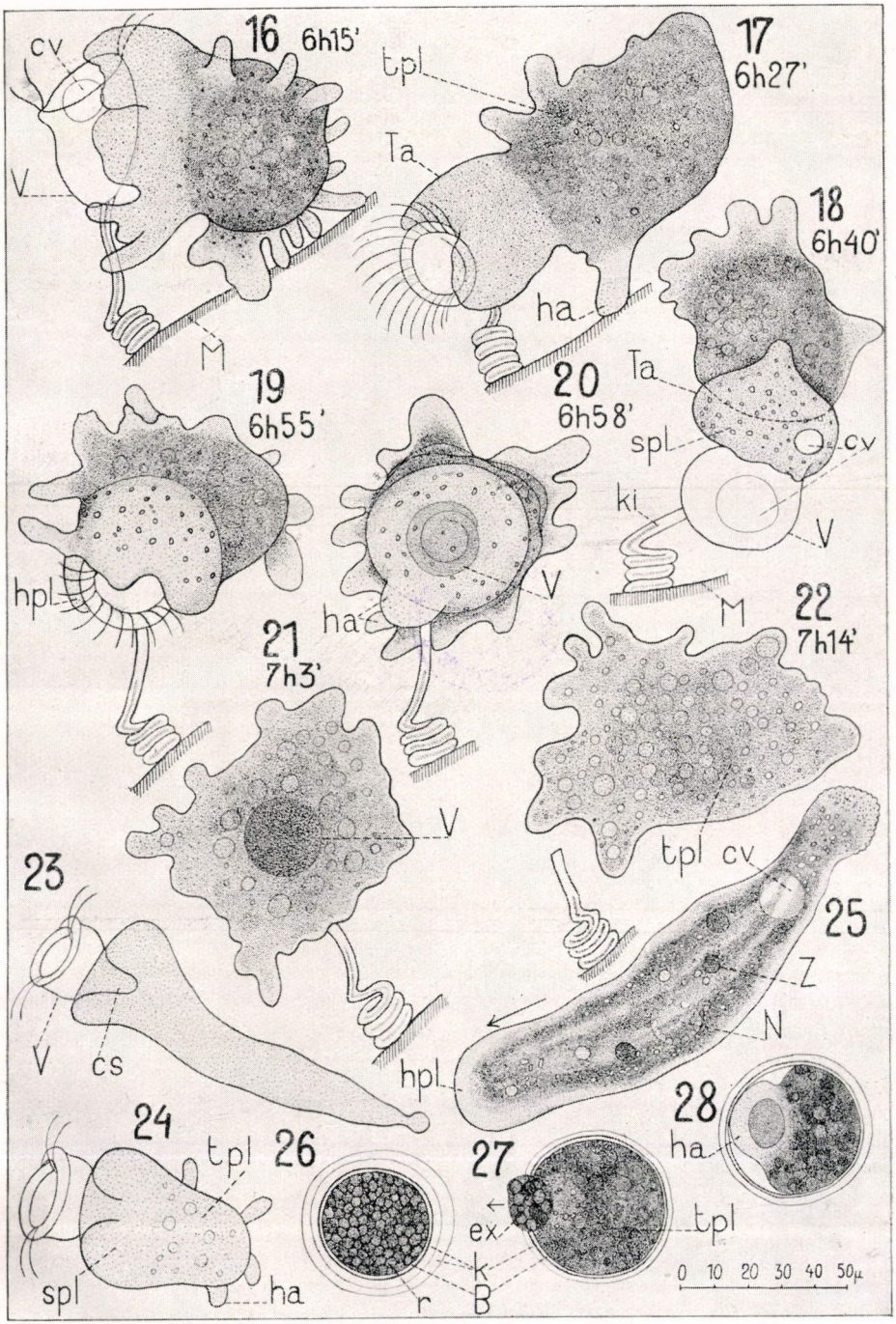
Mat. és Term.-tud. Értesitő.
LV. évf. XI. tábla. 1937.

Sebestyén Olga:
A Hydramoeba hydroxena (Entz) Reynolds életmódjáról.

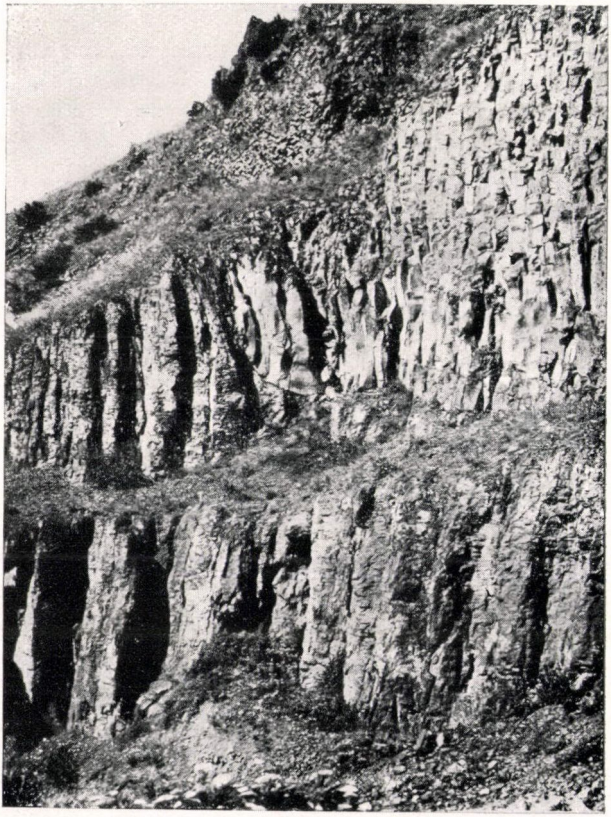


Mat. és Term.-tud. Értesítő
LV. évf. XII. tábla. 1937.

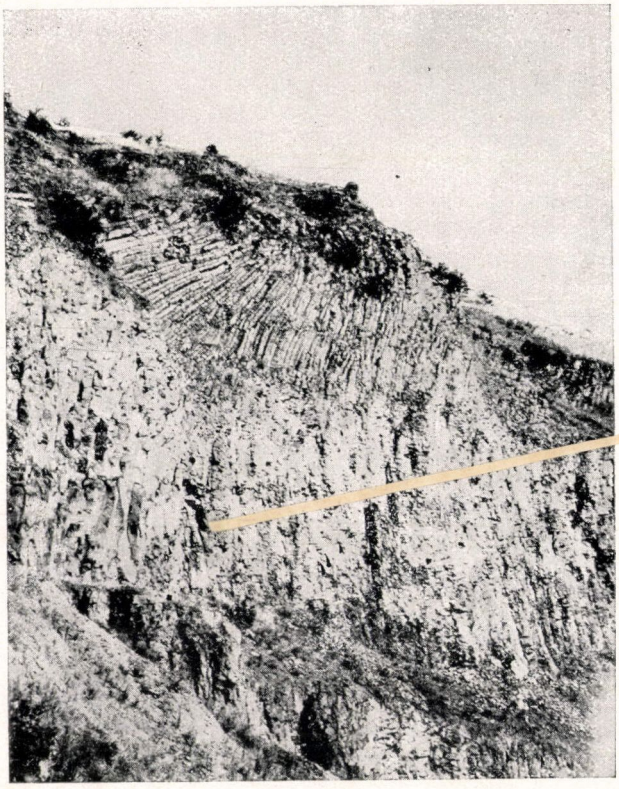
Sebestyén Olga:
A Hydramoeba hydroxena (Entz) Reynolds életmódjáról.



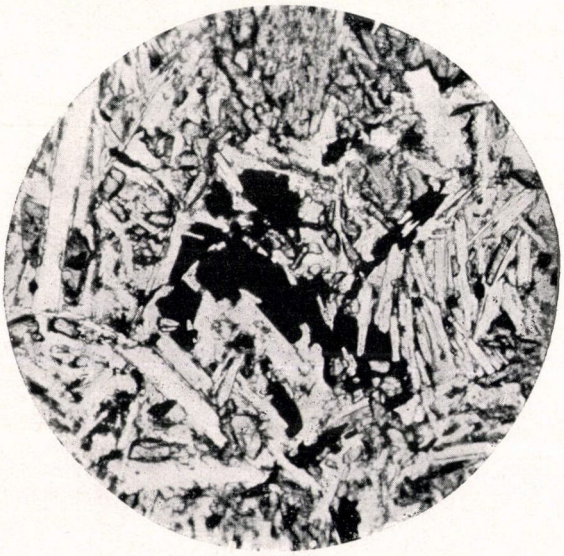
1.



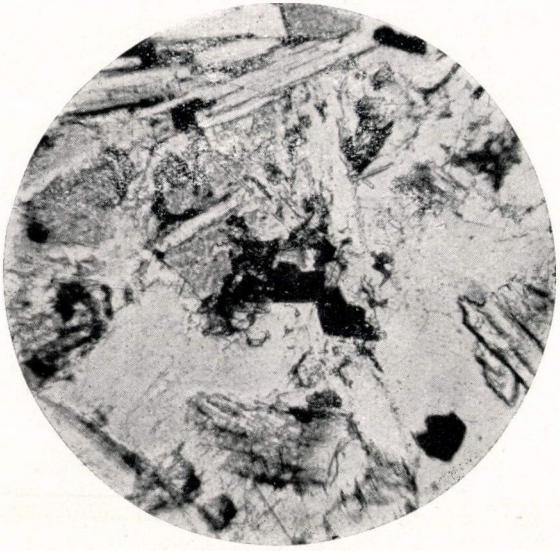
2.



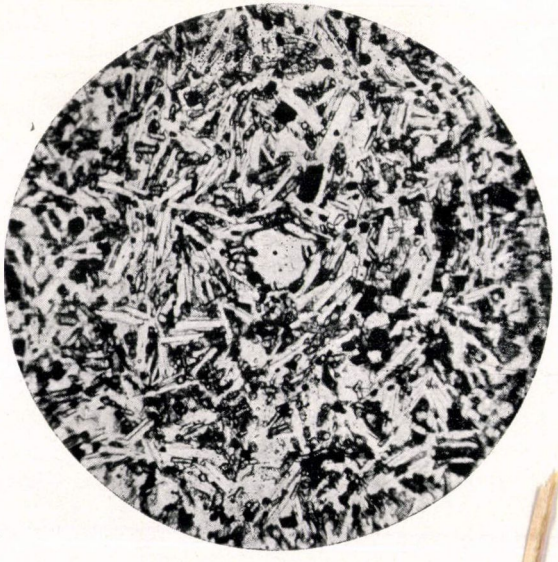
3.



4.



5.

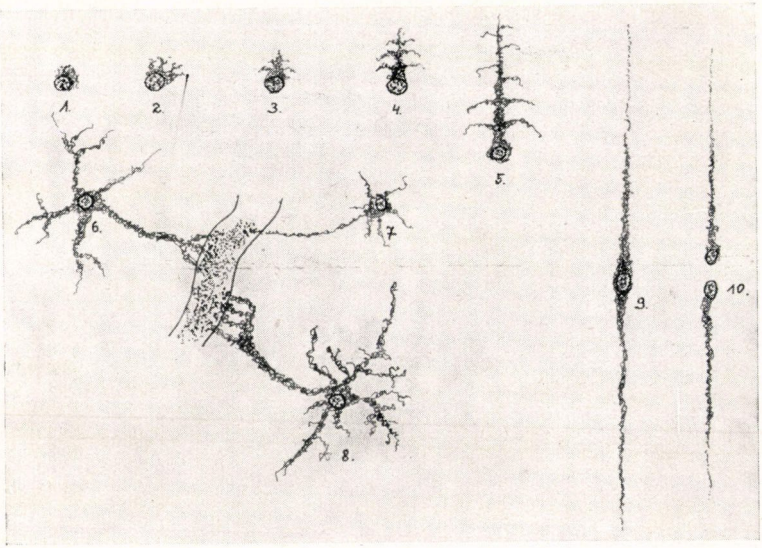


6.

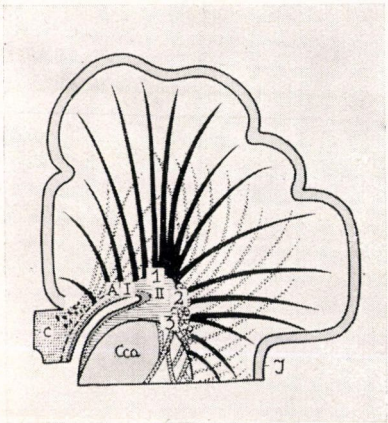
Mat. és Term.-tud. Értesítő.
LV. évf. XVI. tábla. 1937.

Orsós István:
Az újszülött agyának gliaarchitektóniája.

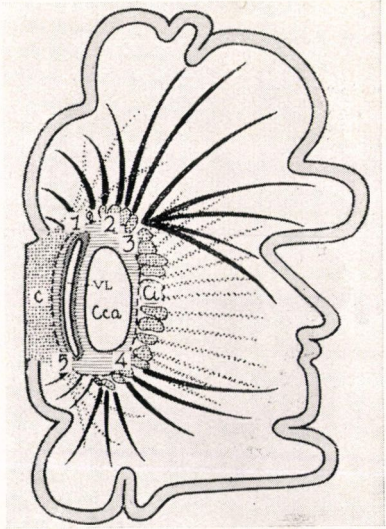
1. ábra.



2. ábra.

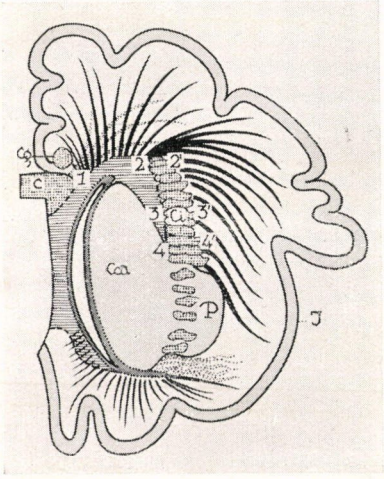


3. ábra.

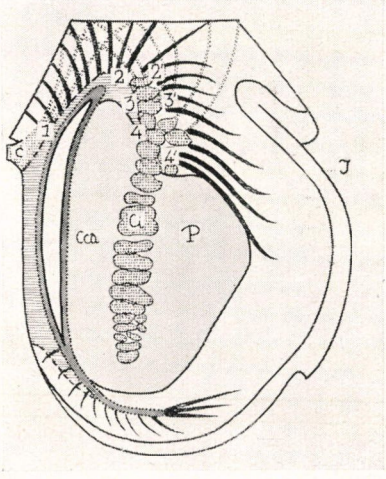


Orsós István:
Az újszülött agyának gliaarchitektóniája.

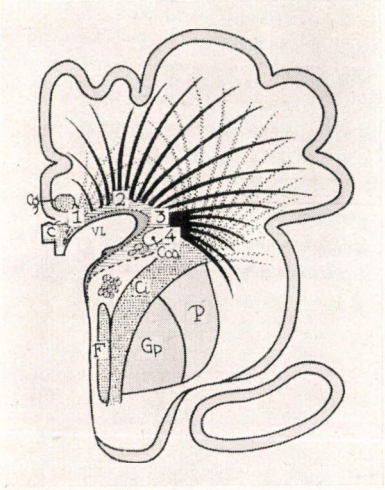
4. ábra.



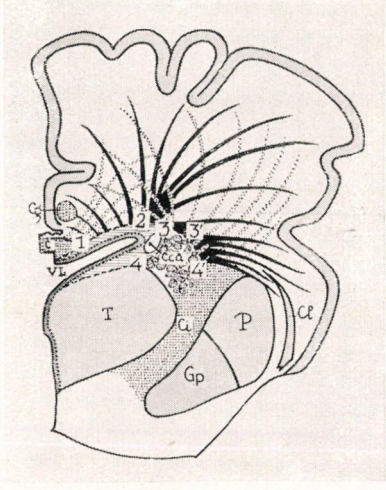
5. ábra.



6. ábra.

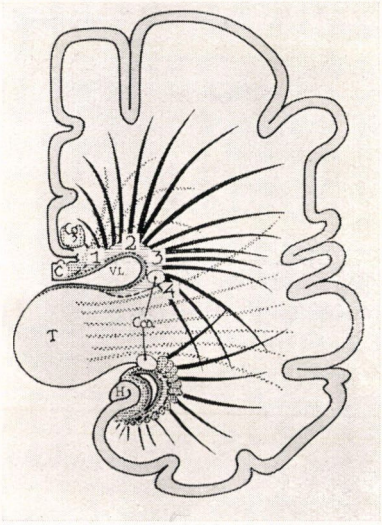


7. ábra.

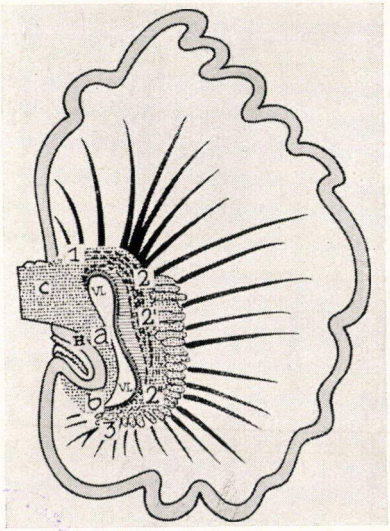


Orsós István:
Az újszülött agyának gliaarchitektóniája.

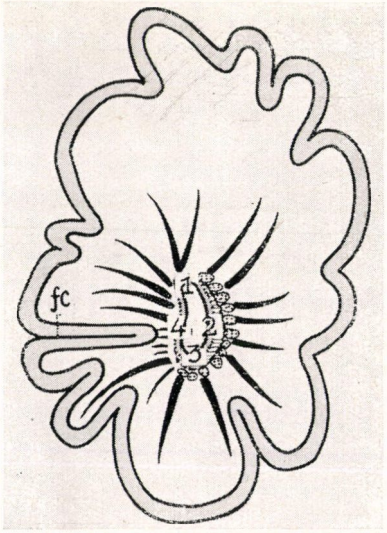
8. ábra.



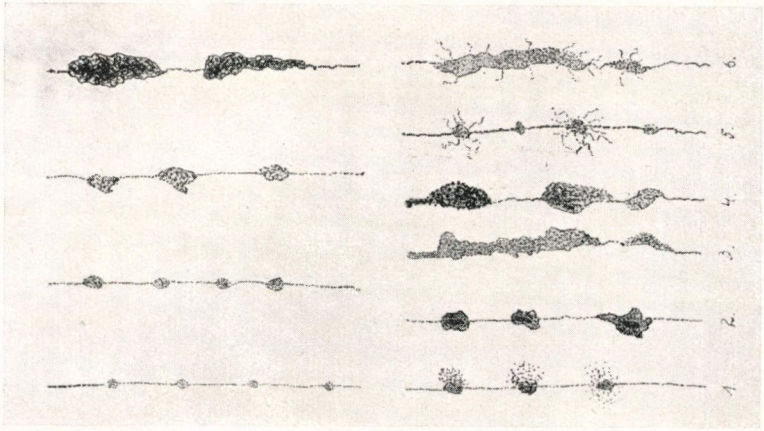
9. ábra.



10. ábra.

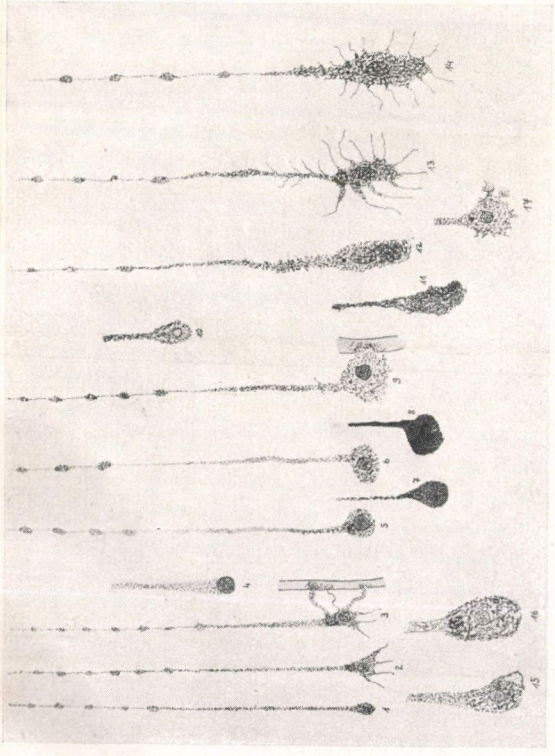


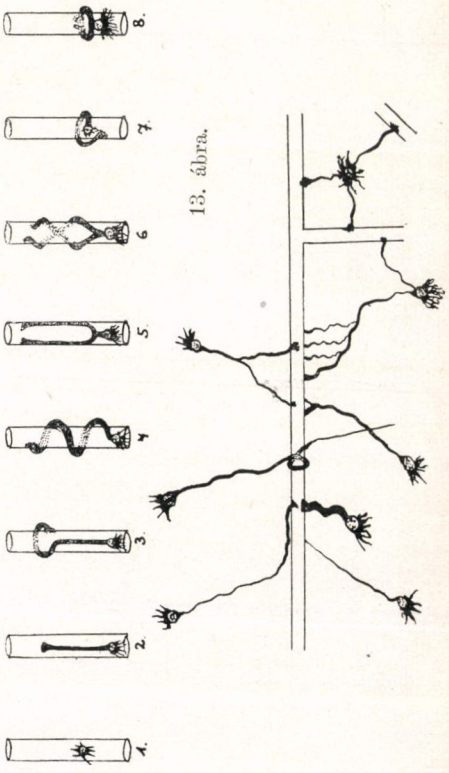
Orsós István:
Az újszülött agyának gliaarchitektóniája.



12. ábra.

11. ábra.





13. ábra.