

PÓTFÜZETEK
A
TERMÉSZETTUDOMÁNYI
KÖZLÖNYHÖZ.

KIADJA

A K. M. TERMÉSZETTUDOMÁNYI TÁRSULAT.

MEGINDÍTOTTA SZILY KÁLMÁN.

WARTHA VINCZE

KÖZREMŰKÖDÉSÉVEL SZERKESZTETTE

CISOPEY LÁSZLÓ ÉS PASZLAVSZKY JÓZSEF.

LXIX—LXXII. PÓTFÜZET.

20 RAJZZAL.

AZ 1903. ÉVI, XXXV. KÖTETHEZ.

BUDAPEST.

KIR. MAGY. TERMÉSZETTUDOMÁNYI TÁRSULAT.

(Budapest, VIII., Eszterházy-utca 16. szám.)

1903.

A Pesti Lloyd-társulat könyvsajtója.

TARTALOMJEGYZÉK.

NAGYOBB CZIKKEK.

- BUCHBÖCK GUSZTÁV. Az ion-elmélet (12 ábrával) 107.
- CSOPEY LÁSZLÓ. Az elektromos elemekről 86.
— Az aluminothermiáról 183.
- FRANCÉ REZSÓ. A fajkeletkezés elméletének fejlődése (6 ábrával) 49.
- GORKA SÁNDOR. A termékenyítés problémája (17 ábrával) 1.
- HALÁSZ ALADÁR. Virchow Rudolf (arczképpel) 97.
- HEGYFOKY KABOS. A nyugoti és keleti levegőáramlás hazánkban 172.
- HÉRICHS-TÓTH JENŐ. A glukáze és lypáze jelentőségéről 79.
— Az élet és a hasonló jelenségek 145.
- LAKITS FERENCZ. A hőmérséklet nadirja 23.
- MARIKOVSKY GYÖRGY. Néhány újabb adat a fültömkeleg élettanához. 19.
— A fül és a testet mozgató izomzat 166.
- MELCZER GUSZTÁV. A kristályformák eredetéről és egymáshoz való viszonyáról (12 ábrával) 27.
- SÓS ERNŐ. Az elektromos convectió (5 ábrával) 176.
- SZILÁGYI GYULA. Adalék a magyar borok és hamujok összetételéhez 66.

KISEBB CZIKKEK.

- Csemez József, Csopey László, Dalmady Zoltán, H. Gabnay Ferencz, Gorka Sándor, Schilberszky Károly, Szalay László tól.



TÁRGYJEGYZÉK.

I. Az állattan köréből: A termékenyítés problémája (17 ábrával) 1. — Energia-felszabadulás oxigén nélkül 40. — A madarak vonulása és az időjárás 47. — A varangyos béka mérge 48. — A fajkeletkezés elméletének fejlődése (6 ábrával) 49.

II. A chemia, ásvány- és földtan köréből: A kristályformák eredetéről és egymáshoz való viszonyáról (12 ábrával) 27. — Adalék a magyar borok és hamujok összetételéhez 60. — A glukáze és lypáze jelentőségéről 79. — A szilárd hidrogén tulajdonságai 95. — Mesterséges gyémánt 96. — Az ion elmélet (12 ábrával) 107. — Az élet és a hasonló jelenségek 145.

III. Az élettan köréből: Néhány újabb adat a fültömkeleg élettanához 19. — A fül érzékenysége a különböző hangok iránt 46. — Virchow Rudolf (arczképpel) 97. — A fül és a testet mozgató izomzat 166.

IV. A fizika köréből: A hőmérséklet nadirja 23. — Egyes villámok és a koherens 42. — A zöld napsugárról 43. — Fényérző galvánelemek 46. — Az elektromos elemekről 86. — Az élet megállapítása elektromos úton 94. — Újabb vizsgálatok az elektronról 94. — A légkör összetétele a különböző magasságokban 143. — A rádiumsugarak élettani hatásáról 144. — A nyugoti és keleti levegőáramlás hazánkban 172. — Az elektromos convection (5 ábrával) 176. — Az aluminothermiáról 183. — A fénynek új fajtájáról 188. — A fémeken, fán stb. áthatoló sugarak az Auer-lángban 189. — A fémeken stb. áthatoló sugarak új forrásáról és e sugarak új hatásáról 191. — A fémeken, fán stb. áthatoló sugarak előfordulása a Nap sugaraiban 192.

V. A növénytan köréből: A többszirajúság egyik gyakori esetéről 37. — A Röntgen-sugarak hatása egyes szervezetek protoplazmájára. 38. — A fény hatása a mohok, páfrányok és zsurlók spóráinak csirázására 38. — A nővirágok fejlődéséről a diófafélék családjában 39. — A hideg és az érzéstelenítő szerek hatása a táplálkozásra és a szaporodásra 40. — A növények növése az ionok járta talajban 44.

Megjegyzés. A tartalom betűrendes jegyzéke a Természettudományi Közlöny XXXV-ik kötetének tárgymutatójába van beosztva.

Megjelenik évenként
négy füzetben, há-
rom nagy nyolczadret
ívnyi tartalommal;
időnként szövegközi
ábrákkal illusztrálva.

PÓTFÜZETEK

A

TERMÉSZETTUDOMÁNYI KÖZLÖNYHÖZ.

ÉVNEGYEDES FOLYÓIRAT.

E folyóiratot a tár-
sulat tagjai évi 2 K.
ráfizetéssel kapják;
előfizetési ára, a Ter-
mésztud. Közlöny-
nyel együtt, 12 K.

XXXV. KÖTETHEZ.

1903. FEBRUÁRIUS

1. PÓTFÜZET.

A termékenyítés problémája.*

A termékenyítés szóval kapcsolatos fogalmak minden bizonynyal azokban a régen elmúlt időkben keletkeztek, mikor az emberek magokról és eredetükről gondolkodni kezdtek; ezért a termékenyítés fogalma nem a természetbúvárok mélyreható vizsgálataiból, hanem ez elmékedésekből szűrődött le. A tudományos búvárlatok később első sorban azon igazság felismerésével tágitották a fogalom körét, hogy új egyének képződésekor a két nemnek összeműködése az élő világban mindenütt el van terjedve s nemcsak az emberre és felsőbbrendű állatokra jellemző, miként kezdetben gondolták, hanem az összes élő lényekre. A megfigyelések hosszú sorozata megmutatta, hogy a legalsóbbrendű férgek fejlődése ugyanazon törvényeknek van alávetve, mint a felsőbbrendű állatoké, sőt, hogy a növényekben is megvan a hím és női nem közti ellentét, s hogy a növényi petesejt is csak akkor indul fejlődésnek, ha a hím ivari-elemmel jutott szorosabb kapcsolatba. Végül a mikroszkóp a szabad szemmel láthatatlan legegyszerűbb egysejtű szervezetek sorában is hasonló jelenségeket, párosodás-folyamatokat tárt a búvárok elé.

A termékenyítő folyamatok érdekes voltának és a további fejlődésre való fontosságának megfelelőleg, a természetvizsgálók és filozófusok beláthatatlan serege foglalkozott kezdettől fogva a termékenyítés problémájával; mindamellett mégis csak a XIX-ik század utolsó negyedében pillanthattunk némileg lényegébe. Hertwig Oszkár volt az első, a ki 1875-ben a tüskésbőrűekhez tartozó tengeri sünn (*Strongylocentrotus lividus* Brdt.) petéin megfigyelte mindazon változásokat, melyek a spermatozoával való találkozás után folytak le bennök. Az ilyenfajta megfigyelésekre még ma sem ismerünk e petéknél alkalmasabb tárgyat a megfigyelésre. A tengeri sünn petéi igen kicsinyek, átmérőjük a milliméternek alig tizedrészét teszi, ezért olyan átlátszók, hogy szerkezetük minden különös elbánás nélkül élő állapotban is igen világosan látható. Tisztán felismerhető, hogy minden pete egy-egy sejt, mely sze-

* Boveri Tivadar, würzburgi egyetemi tanárnak a német orvosok és természetvizsgálók hamburgi gyűlésén tartott előadása nyomán.



mecskés protoplazmából és világos hólyagból, a sejtmagból áll. Sejtfa-
 nincsen, felületét vízben gazdag nyálkás hártya burkolja. A vizsgálatot
 igen megkönnyíti, hogy majdnem minden évszakban milliósámra vehe-
 tünk a nőstény példányokból érett petéket, a hímekből pedig sűrű,
 tejszerű folyadék alakjában spermát s a kétféle ivari terméknek egymásra
 való hatását tengervízben kényelmesen tanulmányozhatjuk. Valamint az
 egész állatvilágban, úgy a tengeri sünöknél is a sperma lényeges részét
 a már 200 évvel ezelőtt fölfedezett s sokáig élősködő szervezeteknek
 tartott spermatozoák teszik, melyekről körülbelül ötven év óta tudjuk,
 hogy a petékhez hasonlóan szintén egy-egy sejtnak felelnek meg, természe-
 tesen egészen sajátosságos, fonálszerűleg megnyúlt sejtnak. Mellső részökön
 kis, vastag részt, úgynevezett *fejet* láthatunk, mely majdnem kizárólag
 összetömörült sejtmag-állományból áll, erre egy másik rész, a *köztes*
darab, és végül a mozgékony fonalas *farki rész* következik, melynek
 rezgése a spermatozoát cél nélkül ide-oda mozgatja.

A spermatozoák cél nélküli mozgása rögtön megváltozik, mihelyt
 az őket magába foglaló tengervízbe egy petét teszünk. Pár pillanat alatt
 a spermatozoák legnagyobb része a petesejt köré csoportosul. Feji
 részökkel a nyálkás burkon keresztül furakodni törekszenek és a pete
 felületével igyekeznek érintkezésbe jutni. De csak egyetlen egy éri el
 célját, nevezetesen az, a melyik legelőször ért bizonyos kis távolságra
 a pete csupasz felületétől. E pillanatban a mostanáig közönyösen visel-
 kedő pete is törekvést tanúsít az egyesülésre, a mennyiben a spermatozoa
 felé kis dudort bocsát, mely a fejét és a köztes darabját körülfogja és
 így a spermatozoa csakhamar a pete protoplazmájába kerül. Ugyanez
 időben a pete egész felülete hirtelen megváltozik: aránylag vastag,
 szívós hártya keletkezik rajta, mely megakadályozza a többi sperma-
 tozoák bejutását a petébe.

Miután a spermatozoa eljutott a petesejthez, farki részének műkö-
 dése is véget ért; a további folyamatokra már csak feji része és köztes
 darabja fontos. Ez utóbbi két rész a felvétel után a pete állományában
 csakhamar láthatatlanná válik, pár perc múlva azonban e helyen kis
 világos folt tűnik elő, mely különösen azzal vonja magára figyelmünket,
 hogy a pete protoplazmájának szemecskéi sugarasan rendezkednek el
 körülötte. E foltban bizonyos kémszerekkel kimutathatjuk a spermatozoa
 fejét és köztes darabját. A kis feji rész, vagy helyesebben mondva, minthogy
 majdnem kizárólag a spermatozoa magvát foglalja magában, a sperma-
 tozoa sejtmagva fokozatosan hólyag alakot ölt, mely mindinkább élesebben
 tűnik elő, melyet a pete eredeti sejtmagvával, *petemag*-gal ellen-
 tétben, *spermamag*-nak nevezünk. A spermamag a petemag felé vándorol
 és egyesül vele s ezzel a voltaképeni termékenyítés folyamata
 véget ér. A nagy petesejtből és a kis spermasejtből egy sejt

áll elő, melynek általános sajátosságai semmiben sem térnek el a többi jellemző sejtektől, sőt a benne ezután lejátszódó folyamatok is teljesen megegyeznek azon sejtekével, melyek osztódásnak indulnak. A termékenyítésnek ugyanis közvetlen következménye, hogy a pete osztódni kezd. A sejtmag láthatatlanná válik, helyette a sejt protoplazmájában bizonyos vonalrendszerrel találunk, mely két sarkpontban van központosítva; e sarkpontokból, miként előbb a spermamagból, minden irányban sugaras vonalak indulnak. A sarkpontokat összekötő vonalak irányában megnyúlik a pete s ezekre merőlegesen álló sík irányában két részre oszlik, melyek mindegyikében új sejtmag fejlődik, úgy, hogy végeredményben a petesejtből két önálló fióksejt keletkezik.

Ezzel megkezdődik az embrionális fejlődés, ezért czélszerű röviden megállapítani, milyen folyamat ez voltaképp. A pete egysejtű és a belőle fejlődő szervezet számtalan sejtű voltából közvetlenül következik, hogy az embrionális fejlődés alapja egyes-egyedül csak a sejtszaporodás lehet. A petesejt — mint láttuk — először két sejtre különül, mindkettő ezután tovább osztódik, ezáltal 4, ebből 8, majd 16, 32, 64 stb. számú sejt keletkezik s ez osztódás mindaddig ismétlődik, míg az a millió vagy billió sejt nem áll elő, melyből az új egyén teste alakul. Meg kell említenünk, hogy e folyamat sokkal bonyolultabb és sokkal szigorubb pontossággal meghatározott, mint első pillanatra látszik, mert az ismételt sejtszaporodás nem egynemű sejteknek szabály nélküli halmazát hozza létre; ellenkezőleg: minden állatfaj petéje úgy van alkotva, hogy a belőle származó sejtek a fejlődés minden szakán egészen határozott, egymástól eltérő sajátosságúak és egymással megfelelő törvényszerű viszonyban állanak, úgy hogy a petesejt származékai részben minden egyes sejtsorozatban rejlő külön alakító irányzatossággal, részben pedig kölcsönös egymásra hatással mindig szorosan meghatározott szerkezetű sejteket hoznak létre mindaddig, míg végre a kész szervezet elő nem áll, melyben az összes sejtek, mint a polgárok az államban, felsőbbrendű egységben együttműködnek.

Az itt megnyilatkozó bonyolult folyamatok ez alkalommal nem érdekelnek bennünket továbbra, mert reánk nézve csak annak az igazságnak a megállapítása fontos, hogy a kész szervezetet nem módosult, vagy megnövekedett pete, hanem a petesejt számtalan származékának valóságos sejt-egyéneknél rendezett sokasága alkotja, melyben a sejt-egyénekek közül egyesek ismét petesejtté vagy spermatozoává válnak és az ő egyesülésök ismét a tárgyaltakhoz hasonló folyamatokat indít meg.

Valamicskét hasonló, csak hogy mérhetetlenül bonyolultabb e folyamat ahhoz mérve, midőn az emberi államból egy emberpár, a megtermékenyített petéhez hasonlóan, kiválik a többiek sorából, hogy lakatlan földön gyarmatot teremtsen; a család szaporodása által évszázadok múlva új

állam keletkezik, melyből azután egy pár ismét kiválik, hogy az államalkotás folyamatát ismét megkezdje.

A mondottakban vázoltuk röviden az ivaros szaporodás lényegét olyan értelemben, mint a hogyan nemcsak az állatokra, hanem bizonyos alárendelt módosítással a növényvilágra is érvényes; ezek után áttérhetünk problémánk formulázásához.

Ha a termékenyítés folyamatát a maga egyszerűségében vizsgáljuk, arra az eredményre jutunk, hogy a termékenyítés két egymástól igen eltérő sejtnek, nevezetesen egy hím és egy női ivarsejtnek egy sejtben való egyesülésében rejlik, mely utóbbi sejt egy új egyén fejlődésének kezdőpontját alkotja. Ezért termékenyítésen rendszeren új fejlődésre ösztönző működést szokás érteni és ennek megfelelőleg a legtöbb természetbűvár munkáiban a termékenyítés problémáját olyan formán találjuk formulázva, hogy milyen működést fejt ki a spermasejt a petében, hogy ez új egyén alkotására alkalmassá válik? E kérdést ma így kell feltennünk: Mit visz a spermatozoa a petesejtbe, hogy fejlődésre való készsége megalkossa?

A gondolható lehetőségek száma, természetesen, szerfölött nagy, mi a legvilágosabban talán abból a körülményből derül ki, hogy már a XVII. század végén körülbelül 300-ra becsülték az erre vonatkozó elméletek számát. Azok az igazságok, melyeket ez idő óta tapasztaltak a bűvárok, lehetővé teszik a nagyszámú elméleteknek igen kis térre való szorítását. Különösen a rovarok és az alsóbbrendű rák-félék körében ismerünk olyan petéket, melyekből termékenyítés nélkül, szűzen, vagy, mint tudományosan mondani szokás, parthenogenetikusan jönnek létre új szervezetek; így tehát a pete továbbfejlődéséhez és új szervezet képződéséhez nem multhatatlanul szükséges a spermatozoával való kiegészítődés. Másodszor vannak peték, melyek még termékenyítetnek, de melyek más-különben megtermékenyítetlenül is tovább fejlődnek, miként pl. a méhekről már régóta ismeretes. Ebből következtethetjük, hogy az olyan petékben sem hiányozhatik az új egyén létrehozásához semmi lényeges, melyek a termékenyítésre vannak berendezve. Végül harmadszor, mintegy két évvel ezelőtt Loeb tengeri sünn petéin arra a meglepő fölfedezésre jutott,* hogy mesterséges beavatkozással parthenogenetikusan tovafejlődésre lehet őket bírni. Ha ugyanis a tengeri sünn petéit, melyek különben rendes körülmények között csak termékenyítés után osztódnak, ennek hiányában pedig elpusztulnak, bizonyos időre meghatározott só-oldatokba, és azután ismét tengervízbe helyezük, önmaguktól, termékenyítetlenül tovafejlődnek. Tichomirov orosz bűvár több lepke (*Bombyx mori*, *Liparis dispar*) petéjét erős kefével vagy rövid ideig tömény-

* V. ö. Pótfüzetek a Term. Tud. Közlönyhöz. LX. füzet. 93. old.

kénsavval való kezeléssel tovafejlődésre birta. Legújabb időben pedig Winkler, göttingeni tanár, azzal az érdekes észlelettel lepte meg a tudományos köröket, hogy a tengeri sünnnek nagy meleggel megölt spermájából vízzel oly anyagot lehet kivonni, mely a meg nem termékenyített tengeri sünn-petéket osztódásra készíti.

Mindezekből azt kell következtetnünk, hogy a fejlődő állat vagy növény faj lényegét a pete már egymagában is teljesen magában foglalja s hogy az a fogyatkozás, mely a petét az önálló továbbfejlődésben akadályozza, csupán csak alárendelt gátlásban állhat, melyet a spermatozoával való egyesülés megszüntet benne. A petét e szerint teljesen ép szerkezetű órához hasonlíthatjuk, melyből csak a rugó hiányzik. Minthogy az embrionális fejlődés mechanizmusa ismételt sejtosztásban rejlik s minthogy e folyamatokban — miként előbb láttuk — mindazon változásokat, a melyek meghatározott fajtájú sejttálmak képződésére vezetnek, már a pete egymagában is képes létrehozni, a termékenyítés problémáját most már véglegesen a következőképen foglalhatjuk össze: Mi hiányzik a petében, a mi nélkül tovább nem fejlődhetik? s mi újat visz bele a spermatozoa, a mi azután a pete osztódását és ennek következményeképpen az egész fejlődést eredményezi?

Hogy mi itt, a sejt életjelenségeibe való bepillantáskor a bizonytalan sejtek fölé emelkedhetünk, a természet különös kedvezésének kell tulajdonítanunk. Egy sejtnek osztódása oly összetett és oly sok körülménytől függő jelenség, hogy a különböző láthatatlan ingerek egész seregéről fel lehetne tenni, hogy a spermatozoa a pete továbbfejlődését akadályozó gátlást az ő segedelmökkel megszüntetheti. Ujabb mikroszkópjainkkal a petébe hatoló spermatozoán olyasvalamit vehetünk észre, a mi lehetővé teszi, hogy e gátlás megszüntetésének módját közelebbről meghatározhassuk.

Már előbbi tárgyalásaink során szólottunk arról a sugaras vonalrendszerrel, mely a pete állományában a spermatozoa feji és köztes darabját környezi s mely terjedelemben mindinkább gyarapodva a növekedő spermamaggal a petemag felé vándorol. A sugaras vonalrendszer helyén később két ilyen rendszert találunk, melyek a pete- és spermamag összeolvadásából származó első, úgynevezett barázdálódó mag mellett egymással átellenben foglalnak helyet és a további osztódásban annyira fontosak. Már a legelső megfigyelők is észrevették e jelenségeket, azonban mindaddig érthetetlenek maradtak, a míg nem sikerült kapcsolatot állapítani meg az állati sejt tipikus osztódásakor lejátszódó folyamatokkal.

Régebben a sejtosztódást igen egyszerűnek tartották: a sejt mag befűződve két magra különül és az új sejt magvak mindegyike körül a sejt protoplazmájának fele elhatárolódik. Ma a sejtosztódásról olyan sokat tudunk, hogy egész könyveket lehet róla írni. Körülbelül a múlt század

hetvenes éveiben, egy időben a termékenyítés folyamatai lényegének tulajdonképeni felismerésével, részben épen e vizsgálatok alkalmával a sejtről és főleg a sejtmag osztódásáról rendkívül nevezetes észleleteket tettek a búvárok. Számos vizsgáló ernyedetlen és kitarító munkássága azóta e jelenségeket teljesen tisztázta és ha ez alkalommal az egyszerűnek tartott folyamat bonyolultnak bizonyult is, a bonyolultság oly észszerű és oly fényt derítő volt, hogy a sejt szervezetének ismeretét a sejtosztódás vizsgálatánál semmi sem mozdította elő nagyobb mértékben.

E helyen az eredmények közül csupán csak kitűzött feladatunk megértésére fontos igazságok közlésére szorítkozhatunk. Az 1. ábra egy nyugalomban lévő sejtnék vázlatos keresztmetszete. A tömöttebb protoplazmában a sejtmag finom hártáival határolt, világos hólyag-alakban tűnik fel. A sejtmagot alkotó különböző anyagok közül az esetek legnagyobb részében csak egyetlen egyet követhetünk teljes folytonosságban az anyamagtól a fióksejtmagig; ezt bizonyos festő anyagokhoz való feltűnő vonzalma miatt »*chromatin*«-nak nevezzük. Ha ugyanis egy sejtet, miután bizonyos meghatározott módon megöltük és konzerváltuk, egy pár percze festő folyadékba, például karmin-oldatba és ezután színtelen, a karmint oldó folyadékba helyezünk, a festőanyag a sejt minden részéből kivonódik, egyedül a »*chromatin*«-nak nevezett specifikus sejtmag-állomány tartja azt meg és így ennek következtében a sejt szintelen protoplazmájából élénk vörös színben tűnik elő. Nyugvó sejtmagban a *chromatin*-állomány szivacszerű, hálós szerkezetű (2. ábra). A magosztódás azzal indul meg, hogy a *chromatin* mozgásnak indul. A *chromatin*-hálózat egyes részei megvastagodnak, mások pedig ennek megfelelőleg vékonyabbá válnak. E folyamat végét láthatjuk a 3. ábrában. Itt a *chromatin*-állomány néhány fonalszerű testbe tömörült össze, melyeket *magelemek*-nek, vagy *chromosomák*-nak nevezünk. Számuk a különböző állatfajokon változó; egy és ugyanazon fajra nézve azonban állandó.* A négyes szám, mint a mennyit az ábrán látunk, bizonyos férgekben fordul elő; rendszeren nagyobb számban található, így 8, 16 és 24-es számban, de vannak olyan szervezetek is, melyekben a *chromosomák* száma több százra rug. Miután a *chromosomák* ilyenformán kiképződtek, rendszeren még utólag megrövidülnek és megvastagodnak, mire a sejtmag határa eltűnik s a magnedv a protoplazmával elegyedik; ilyenkor a sejtmagot csupán egyenesen a sejtprotoplazmába ágyazott *chromosomák* képviselik (4. ábra).

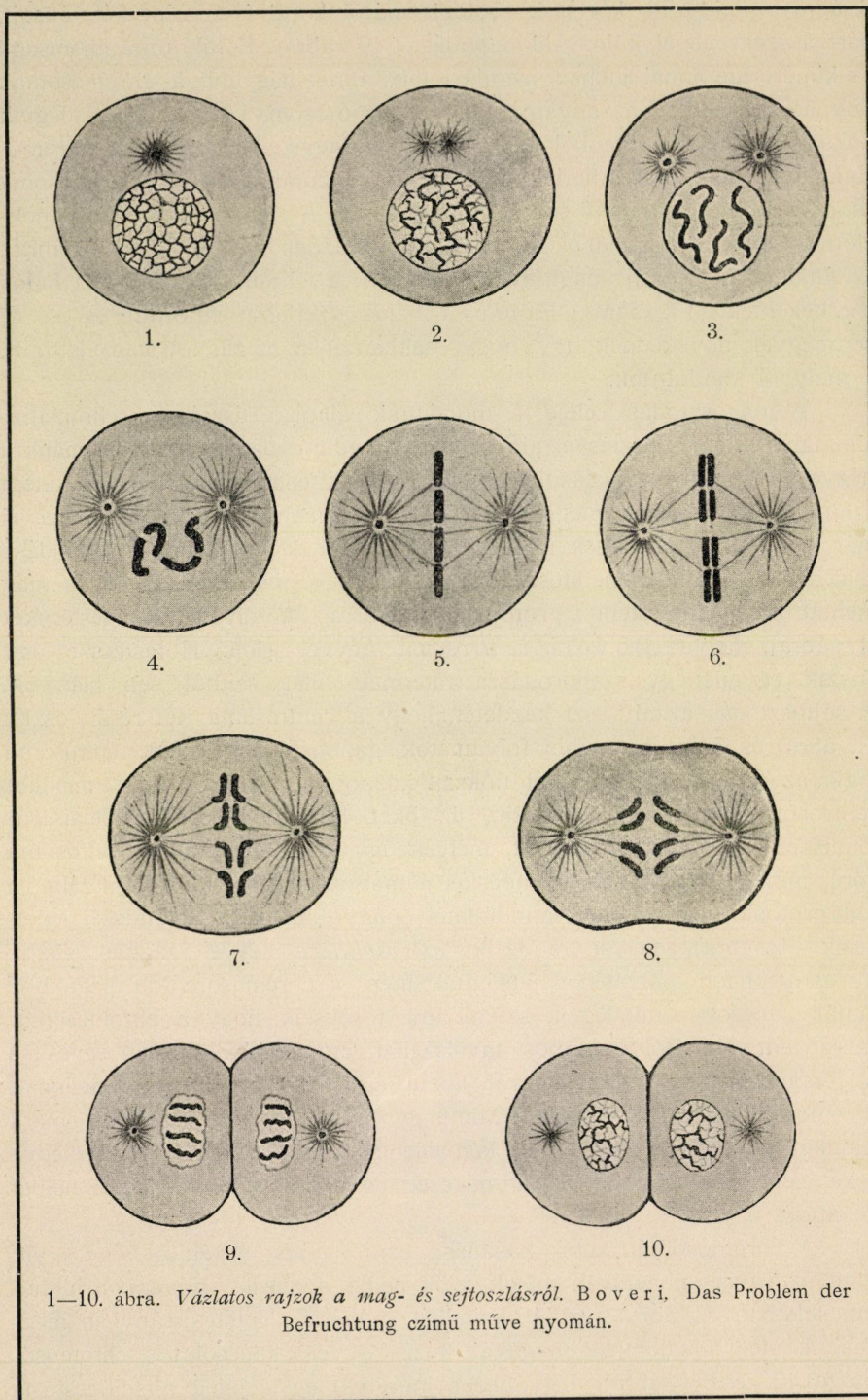
A magosztódás ezután akként történik, hogy minden *chromosoma* hosszában két teljesen egyenlő részre hasad (6. ábra), melyek közül az egyik a sejt egyik, másika pedig a sejt másik sarka felé vándorol (7. és

* Weismann szerint az emberben a *magelemek* száma 16.

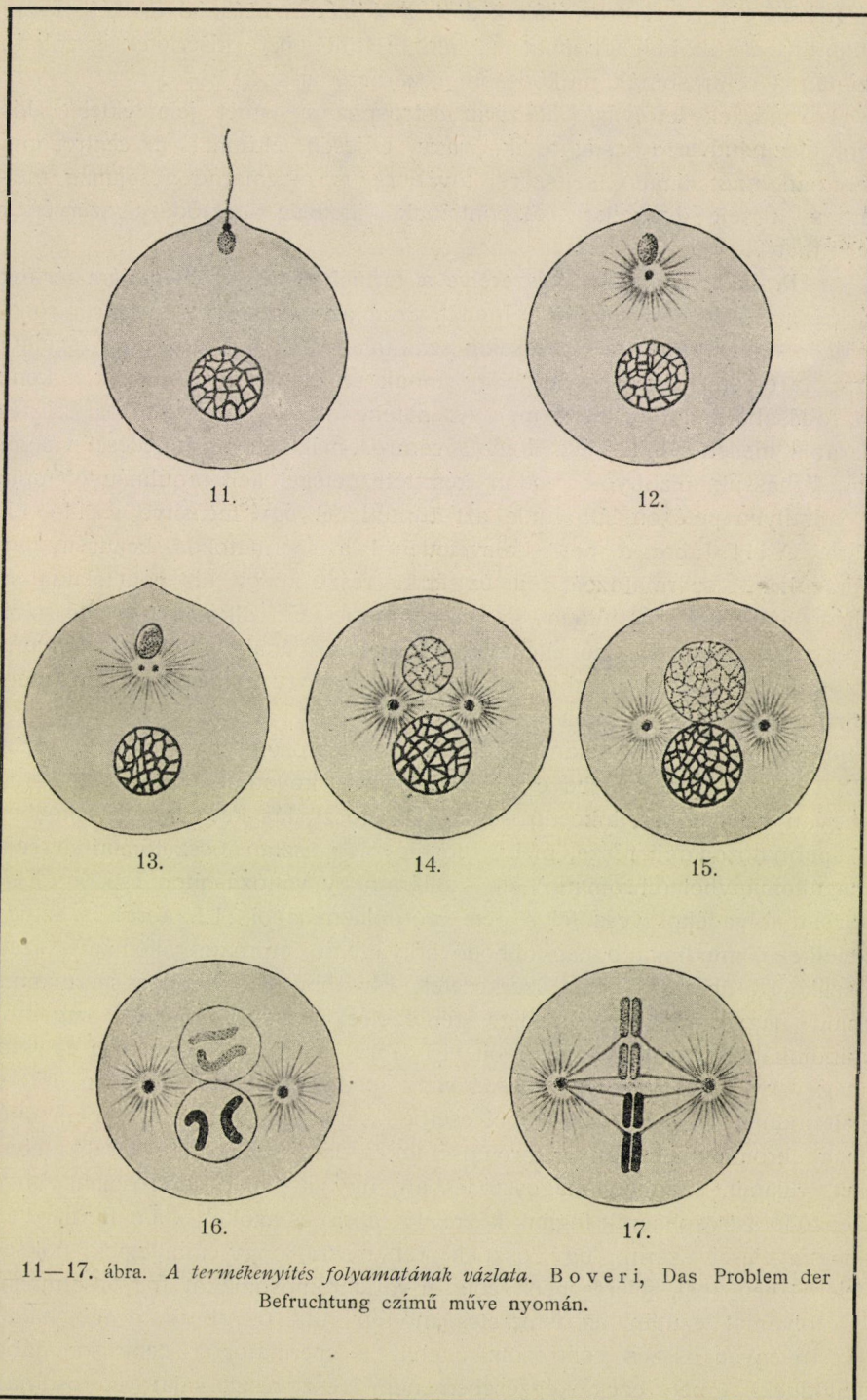
8. ábra); majd ez a két sark protoplazmától körülvéve, mint két fióksejt, hártya segítségével különválik egymástól (9. ábra). E folyamat finomsága és kimértsége annál jobban szembe ötlük, minél nagyobb a chromosomák száma. Ha például az anyamagból 48 chromosoma keletkezik, mindegyik fióksejt szintén 48 ilyenből áll, s ezek mindegyike az anyamag chromosomájának felét teszi. Mindegyik fióksejtben azután a reá eső chromosoma csoport indítja meg az új sejtmag képződését. A chromosomák mindene-előtt a sejt-protoplazmából folyadékot halmoznak magok köré (9. ábra), ez által előáll az új maghólyag, melyben a chromosomák ismét hálós szerkezetűek (10. ábra). Ezután a hálós szerkezet finomul és az új sejtmagvak növekednek, úgy, hogy csakhamar az az állapot van előttünk, a melyből kiindultunk.

A magosztódás veleje, a mondottak alapján, tisztán a chromatin-állomány finom elosztásán alapszik, ezt pedig sajátosságos, problémánkra nézve igen fontos sejtkészülék végzi, mely kifejlett állapotban, majdnem számtani pontosságú megjelenésével és geometriai szabályszerűségével már a legelső észlelőknek is feltűnt, de melynek előállása és működése csak 1887. év óta ismeretes. Már a nyugvó sejtben is láthatunk a mag mellett egy tömöttebb protoplazmaudvarral körülvelt kis testecsket (1. ábra), melyet Boveri *centrosoma* névvel jelölt. E testecske, úgy látszik, egyetlenegy szaporodásra rátermett állati sejtéből sem hiányzik. A sejtosztódás azzal veszi kezdetét, hogy a centrosoma két részre oszlik (2. ábra) és, mint a további folyamatok igazolják, e két fiók-centrosoma fogja az ezután keletkező két fióksejt központját alkotni. Mialatt mindkét centrosoma egymástól eltávozik, az őket körülvevő protoplazmaudvar fonalszerű sugarakká alakul át, melyek úgy csoportosulnak a centrosoma köré, mint a vasreszelék szemecskéi a mágneses polus körül. Ezáltal a sejt protoplazmájában két, mindinkább nagyobbodó sugárrendszer keletkezik (4. ábra), melyet rendszeren *astrosphaera* névvel szokás jelölni. Az astrosphaerák olyatén sajátosságúak, hogy a chromosomákat magukhoz tudják kapcsolni: mindegyik szféra arra törekszik, hogy a chromosomákat a centrosomától bizonyos távolságban egy gömbfelületben egyesítse és rendezze, mely célra sugarai közül egyesek szabályszerű módon a chromosomákhoz erősödnek. Minthogy minden egyes chromosomára mindkét astrosphaera hat, ezek kénytelenek szabályszerűen rendezkedve a két centrosoma között az úgynevezett egyenlítői síkban foglalni helyet (5. ábra).

A chromosomák ketté hasadása ezután úgy történik, hogy egyik felök az egyik sphaerával, másik felök pedig a másik sphaerával marad kapcsolatban (6. ábra); ezután mindkét sphaera ellentétes irányban meg-rövidül, mely alkalommal magával húzza a vele kapcsolatos chromosomákat (7. és 8. ábra). Ugyanezen irányban egyidejűleg a sejt teste is



1—10. ábra. Vázlatos rajzok a mag- és sejtoszlásról. Boveri, Das Problem der Befruchtung című műve nyomán.



11—17. ábra. A termékenyítés folyamatának vázlata. Boveri, Das Problem der Befruchtung czimű műve nyomán.

megnyúlik és a centrosomák között a középben befűződve, két részre különül; ez utóbbi folyamat is, mint a különböző kísérletek igazolják, szintén a centrosomák működésére vezethető vissza.

Mindezek lefolyása után az astrosphaera ismét jelentéktelen kis protoplazmaudvarra zsugorodik, vagy teljesen eltűnik; a centrosoma azonban mint önálló sejtszerv továbbra is megmarad a sejtmag mellett s a sejt dinamikai központjának, illetőleg osztódása szervének tekinthető.

Ha ez ismeretekkel fölszerelve a termékenyítés problémájára térünk vissza, az a legelső kérdés: Honnan ered az osztódó pete két centrosomája? A férgektől a gerincesekig számtalan állat fejlődésének vizsgálata arra az eredményre vezetett, hogy annak az egy centrosomának a ketté osztódásából állottak elő, mely a petébe hatoló spermatozoa köztes darabja mellett jelent meg. Hogy a centrosomák ilyen fejlődését világosan láthassuk, bizonyos módon készített petéket kell tanulmányoznunk. A mit ilyen petéken láthatunk, azt tünteti fel egyszerűsítve a 11—17. ábra. A 11. ábra a petét közvetlenül a spermatozoa bejutása után ábrázolja. A spermatozoa feji és farki része között kis pont alakjában világosan felismerhetjük a köztes darabot. Ez alkotja a centrosoma székhelyét. Bizonyos idő elteltével a spermatozoának a pete állományába jutott feji és köztes darabja megfordul, úgy hogy a köztes darab, mely körül csakhamar feltűnik az astrosphaera (12. ábra.), befelé, vagyis a pete sejtmagja felé tekint. Később a centrosoma két részre oszlik (13. ábra) s innen kezdve lépésről-lépésre követhető (14—17. ábra), hogyan válik a két fókcentrosoma a magosztódás két sarkává. Eközben a spermatozoa feji része, mely, tudvalevőleg tisztán összetömörített sejtmagállományból (chromatin) áll, szintén nagy változásokon esik át. Első sorban folyadékot vesz fel a pete protoplazmájából (12. ábra) és az így keletkező, mindinkább nagyobbodó hólyagban chromatin állománya szétoszlik (13. ábra) és hálós szerkezetet (14. ábra) ölt. Ezzel a spermamag mind nagyságra, mind pedig szerkezetre nézve a petesejt magjához mindinkább hasonlóbb alakot ölt (15. ábra). Végül a spermamag és petemag vagy összeolvad egymással, vagy pedig mindkettő önállóan oszlásnak indul (16. ábra). Ez utóbbi esetben a már ismertetett módon mindkét mag chromatin-állománya chromosomákra darabolódik (16. ábra), melyeket, valamint minden magosztódásban, úgy itt is, a centrosomák körül képződő astrosphaerák fognak közre (17. ábra) és azokat, v a n B e n e d e n megfigyelései szerint, úgy osztják két részre, hogy mindegyik fóksejt felerészben apai, felerészben pedig anyai chromosomákat fog tartalmazni. A folyamat ezután az ismeretes módon (6—10. ábra) tovább halad. Az új egyén összes centrosomái tehát a spermatozoa centrosomájából fejlődnek. A pete ezek képzésében nem vesz részt, saját centrosomája

pedig — miként számos esetben közvetlenül észlelték — a termékenyítés előtt visszafejlődik.

A spermatozoa termékenyítő hatását tehát teljesen megmagyarázza az az igazság, hogy a centrosomák, vagyis az osztó sejtkezülékek képződése belőle indul ki. Itt azonban közbevetethetné valaki, hogy a pete tovafejlődésre alkalmatosságának elnyeréséhez az osztó készülék kiképződésén kívül a pete és spermatozoa között esetleg még más kölcsönös kiegészítődés is szükséges, így például talán a sperma- és petemagnak egyesülése. A kísérletek kimutatták, hogy ez szükségtelen. A petének ugyan a tovafejlődéshez meghatározott minőségű magúnak kell lennie, az azonban teljesen egyre megy, vajjon ez a mag tisztán petemag, vagy spermamag, vagy pedig e kettőből összetett mag. Hogy a spermamag egymagában is elegendő a továbbfejlődésre, azt Hertwig Oszkár és Richárd észleletei alapján Boveri mutatta ki. Tengeri sünn petéi erős rázaskor darabokra esnek széjjel s a darabkák bizonyos idő múlva legömbölyödnek és tovább is életrevalók maradnak. Egyeseknek közülök nincs magjok. Ha egy ilyen nagyobb magnélküli petedarabba spermatozoa hatol bele, a spermamag egymagában indítja meg azokat a folyamatokat, melyeket máskülönben a petemaggal egyesülten szokott előidézni. A pusztán spermamaggal bíró petedarab ugyanis osztódni kezd s az osztódás eredményeképp egy törpe lárva fejlődik, melyen mindazon sajátságokat megtaláljuk, melyek a rendszeren termékenyített petéből fejlődöttre jellemzők.

E kísérlet ellentéte, tudniillik a spermamag kirekesztése, a szűzen szaporodást nem számítva, ilyen tisztán nem vehető észre. Azonban erre nézve is van egy érdekes kísérletünk, mely, bizonyító erejét tekintve, semmivel sem áll az előbbi mögött. Ha a tengeri sünn petéit és előzetesen bizonyos rendellenes körülmények között tartott spermatozoáit hozzuk össze egymással, azt fogjuk tapasztalni, hogy a behatoló spermatozoából csak a centrosoma vándorol a petemag felé, a spermamag ellenben a pete felületi részén hűdött állapotban fekvé marad. A petemag ezután egymagában osztódik s ennek megfelelőleg a pete állománya is két részre oszlik, a spermamag pedig változatlanul az egyik fióksejtbe kerül és itt ennek sejtmagjával olvad össze. Ez az egyesülés a másik fióksejtre legkevesebb hatással sincs, sőt még sokkal gyorsabban osztódik, mint az, a melyeknek magja már a spermamaggal is egyesült. Ebből következtethetjük, hogy a spermamag már a petében is hiányozhatik a nélkül, hogy a további fejlődésre zavarólag hatna.

Problémánkra nézve szerfölött fontosak a *túltermékenyítés* jelenségei is. Ha egy petét például bódító szerekkel annyira gyengítünk, hogy a spermatozoával való egyesülés után nem tud elég gyorsan csupasz felületén tömöttebb hártját alkotni, ilyenkor állományába 2, 3, gyakran pedig még ennél is több spermatozoa hatol bele. Vegyük azt az esetet, mikor két

spermatozoa furakodik be. Mindkét spermamag egyesül a petemaggal; mindkettőnek centrosomája, mint rendesen, két-két fiókc centrosomára oszlik és a rendes kétsarkú magosztódás helyett négysarkú keletkezik, a mi azután a chromosomák szabálytalan eloszlását és a petének egyszerre négyfelé való elkülönülését eredményezi. Ha három spermasejt hatol bele, hat, ha pedig négy, nyolcsarkú magosztódás keletkezik s így tovább. Ime, ez igazolja a legvilágosabban, hogy a petében az osztókészülék szerkezete és működése kizárólag a spermatozoától függ s hogy a petének erre semmiféle hatása sincs.

Nevezetes, hogy azokból a petékből, melyekben két, vagy több spermatozoa behatolása miatt kettőnél több sarkú magosztódásbeli orsók keletkeznek, sohasem fejlődnek rendes szervezetek. Az osztódás csupán csak rendezetlen sejthalmaz, vagy sejthólyag képződésére vezet; ezzel ellentétben abban az esetben, mikor bizonyos rendellenes körülmények között két pete olvad össze egymással és az így származó nagy petével egy spermatozoa egyesül, jellemző kétsarkú osztódás és végül egy *óriás-embrió* keletkezik, annak újabb bizonyítékául, hogy az osztókészülék és működését kizárólagosan a spermatozoa határozza meg s hogy a rendes megtermékenyítés tisztán a sperma-centrosoma működése.

A most tárgyalt igazságok alapján Boveri 1887-ben egy elméletet állított fel a termékenyítés megmagyarázására, mely némi ellenvetések után hova-tovább szélesebb körben terjedt el. Veleje a következő: Az érett pete magában foglalja a továbbfejlődésére szükséges összes szerveket és tulajdonságokat, csak centrosomája, mely az osztódást megindíthatná, visszafejlődött, vagy hatásra többé nem alkalmas. Ezzel ellentétben a spermatozoa el van látva centrosomával, hiányzik azonban az a protoplazmamennyisége, a melyben ez osztószerv tehetségét ki tudná fejteni. A termékenyítésben a pete és spermatozoa összeolvadásával a fejlődésre szükséges összes kellékek összekेरülnek, a pete centrosomához jut, mely osztódásával az embrionális fejlődést megindítja.

Ezek után mindjárt az a kérdés merül fel: Hogy áll a dolog a parthenogenesisnél, vagyis a szűzen-szaporodásnál? Ha az osztódásra elkerülhetetlenül centrosoma szükséges s ha a petének fogvatkozása épen a centrosoma hiányában rejlik, hogyan jutnak azok a peték centrosomához, melyek termékenyítés nélkül fejlődnek? Tehát például az a már említett tengeri sún-pete, melyet Loeb módszere szerint bizonyos oldatokkal kényszerítünk önálló fejlődésre? E kérdés még nincs teljesen tisztázva. Annyit azonban mondhatunk, hogy a pete mindezen esetekben okvetetlenül vissza tudja szerezni, azaz regenerálni a visszafejlett centrosomát. Ezt különösen szépen igazolják Wilson vizsgálatai.* Mind-

* Archiv f. Entwicklungsmechanik. 12. köt., 4. füzet.

azon petékben, melyek ilyen újrapótlásra rátermettek, lehetséges a szűzenszaporodás.

A termékenyítés ősrégi élettani problémáját a fentebb előadottak alapján megoldottnak tekinthetjük. Az előbbieken megerősítésre talál Aristoteles csodálatos sejtése, hogy a női szervezet anyagot szolgáltat az új egyén számára, a hím pedig ez anyag továbbfejlődésére ad indítékot. Kimutattuk, hogy a petének önálló fejlődésre való tehetetlensége tulajdonképpen osztódásra való tehetetlenségében rejlik s hogy e tehetetlenséget a spermatozoa új centrosoma, vagyis új osztódásbeli központ beplántálásával megszünteti. Ezzel a termékenyítést a sejtosztódás élettanára vezettük vissza és lényegében megmagyaráztuk.

A probléma illetően megoldása azonban egymagában ma már nem elégíthet ki, mert vizsgálódásaink közben a probléma kezünk között egészen átalakult és épen a mostani észleletektől egészen új alakot öltött. Mindenekelőtt kiábrándulásunkat kell megemlítenünk, a mi különben az élő természet törvényei kutatásában általában gyakran szokta érni a bűvárt. A probléma említett megoldásáról ugyanis kiderült, hogy nem általános érvényű. Csak az állatvilágra és a növények egy részére érvényes, a növények másik részére azonban semmiképp sem illik. Mert bennök hiányzanak a centrosomák; sejtosztódásuk mechanizmusa más és ezért a hím és női ivarsejt közti kapcsolatnak is másnak kell lennie, miről azonban, ez idő szerint, úgyszólván semmit sem tudunk. De e tagadó igazság is figyelmeztet bennünket valamire, tudniillik arra, hogy a hím és női ivarsejtek közti különbség az élő lényekben nem mindenütt egyenlő. Ez az eredmény azután közvetlenül azon kérdés föltevésére vezet, hogy miért van a szervezetekben általában ilyen ellentét s mit jelent az?

Már az eddig előadottak tüzetesebb elemzése is útba igazíthatna ebben a tekintetben; mi azonban mégis más utat, az összehasonlítás útját választjuk, mely gyorsabban és biztosabban vezet célhoz.

Az ivaros szaporodás folyamatai lényegökben a legalsóbb rendű állati és növényi véglényekig (Protista) követhetők, vagyis azon legegyszerűbb élő szervezetekig, melyek egyetlen egy olyan sejtből állanak, mint a milyeneknek billiói alkotják a legfelsőbb rendű szervezetek testét. Ez egysejtű állatokban és növényekben régóta ismeretesek párosodásbeli folyamatok, melyeket tudományosan *egybekelés*-nek vagy *conjugatio*-nak neveznek. Minthogy bennünket a részletek nem érdekelnek, az egybekelésnek csak a legegyszerűbb folyamatait írjuk le.

Tegyük fel, hogy egy ilyen egysejtű szervezet tápláló anyagokkal telt vizű üvegedénybe kerül; ekkor számos nemzedéken keresztül ismételt kettéosztódással szaporodik, úgy hogy rövid idő alatt milliók származnak tőle. Bizonyos időközökben azonban ez egyenletes szaporodást

az egybekelés szaka akasztja meg. Az egymással teljesen egyenlő egyének ugyanis párosával, egymáshoz illeszkednek és egy egyénné, azaz egy sejtté olvadnak össze. Ilyetén egybekelés alkotta egyének ezután ismét egyszerű kettéoszlással tovább szaporodnak.

Az egybekelés tehát alapjában a termékenyítéshez teljesen hasonló jelenség; valamint a termékenyítésben két sejt-egyén: pete és spermatozoa egyesül egymással, úgy az egybekelésben is két egysejtű egyén olvad össze; mindkét esetben az egyesülésre az osztódás hosszú sorozata következik, természetesen azzal a különbséggel, hogy ez osztódások az egysejtű szervezetekben csupa különválasztott és egyenlő egyének képződésére vezetnek, a felsőbbrendű soksejtű állatokban pedig e származékok meghatározott módon differenciálódnak és együtt maradván, felsőbbrendű egységet, sejtállatot alkotnak. Továbbá az egysejtű szervezetekben az összes származéksejtek végeredményben mindnyájan ismét alkalmasak az egybekelésre, a felsőbbrendű soksejtű szervezetekben pedig csak egyesek, nevezetesen a csirasejtek, a többiek pedig, melyek a szervezet tulajdonképeni testét alkotják, erre rá nem termettek; ez utóbbiak a halál áldozatául esnek, az előbbieken ellenben úgy szólván örökéletűek.

A nagy hasonlatosságnak ellenére talán mégis oly nagyoknak tűnik fel a termékenyítés és egybekelés közti különbség, hogy első pillanatban arra is lehetne gondolni, hogy itt eltérő jelenséggel van dolgunk. E gondolat jogosulatlanságát annak az igazságnak a fölemlítésével mutathatjuk ki, hogy e kétféle sejtegyesülés között egészen fokozatos átmenetek vannak. A sok közül itt csak kettőt említünk fel.

A *Pandorina morum* nevű véglény az első illetén átmeneti alak a soksejtű szervezetekhez, mert 16 sejt állandóan együttélve, sejtcsaládot alkot. A *Pandorina* rendszeren olyanformán szaporodik, hogy a közös burkon belül 16 sejtjének mindegyike, bizonyos nagyság elérése után, gyorsan egymásra következő osztódással 16 sejtre oszlik s minden 16 sejt azután külön-külön önálló burkot alkot, végül az anyacsalád burka fölreped és az új családok egymástól elkülönülve független életet kezdenek. Időről időre azonban még másféle jelenséget is észlelhetünk. A családok egyénei elhagyják a közös nyálkás burkot, kirajzanak és párosával összeolvadnak. Az így keletkező sejtek hártáival veszik körül magukat, nagy mértékben növekednek, majd két csillangóval ellátva kirajzanak az új burokból és most gyorsan egymásra következő oszlással mindegyik sejt ismét 16 sejtből álló sejtcsaládot alkot. A vázolt folyamat már jelentékenyen emlékeztet valami felsőbbrendű állat fejlődésére. Megemlítjük még, hogy a kirajzó egyének gyakran különböző nagyságúak s érdekes, hogy e különböző nagyságú egyének különösen igen mohón olvadnak össze egymással.

Az *Eudorina elegans* nevű véglény párosodó sejtjei között a különbség sokkal szembeszökőbb. Sejtcsaládját 16, esetleg 32 sejt alkotja, melynek tagjai majdnem teljesen hasonlítanak a Pandorináéhoz; közönséges szaporodásuk is megegyezik, az egybekelés szaka azonban eltérő. Az egybekelés szakában ugyanis az Eudorinának kétféle családját különböztethetjük meg, úgymint him- és nőstény-családokat. A nőstény-családok teljesen olyanok, mint a közönségesek, a him-család pedig avval ötlük szemünkbe, hogy minden tagja 32 kis sejtre oszlik, melyek kirajzanak a vízbe, a nőstény-családok puha nyálkás burkán keresztülhatolnak s végül a nőstény-család minden egyes tagja egy-egy him-sejttel egyesül. Itt találjuk tehát az első petét és az első spermatozoát, csak hogy az Eudorina nőstény-családjának minden tagja petét, him-családjáé pedig spermatozoát alkot. Még magasabb fokon, például a *Volvox* nevű véglényben az ivarsejtek és a testet alkotó sejtek közti ellentét is kifejlődik.

Ime ezzel az egybekelés és termékenyítés közti átmenet teljessé váltott és most már megvizsgálhatjuk, mire tanít bennünket az egysejtű szervezetek egybekelése. Két dologra: először, hogy az ivari ellentét nem lehet ősi jellemvonás, mert hiányzik a szervezetek legalsóbb fokán; itt az egyének egyenlők egymással s mindegyik mindegyikkel párosodhatik. Másodsor, hogy két sejt egyesülése és a fejlődés kezdete között nincsen szoros kapcsolat s hogy az alsóbbrendűekre teljesen érvénytelen az a fölvétel, hogy minden egyes új szervezet fejlődéséhez szükséges a sejtegyesülés. Ha összefoglaljuk mindazt, a mi a termékenyítésben és egybekelésben közös, úgy találjuk, hogy bizonyos számú sejtosztódás után sejtegyesülés áll be. Ez általános jellemvonás mindkettőben.

Mi az egybekelés jelentősége? Magyarázatakor legtöbbször a megifjodás gondolatát halljuk emlegetni. E gondolat azon a fölvételen alapszik, hogy a sejtek az osztódás hosszú sorozatában megvénülnek, elaggnak, és, a testünket alkotó sejtekhez hasonlóan, kénytelenek elpusztulni, ha egy másik megfelelő sejtrel összeolvadva meg nem újíthatnak. Ez a magyarázat azonban nem állja ki a tüzetesebb vizsgálatot. Már az a fölvétel, hogy két sejt egyesülése az életenergiára nézve olyasvalamit hozhat létre, a mit az egyes sejtek nem érhetnek el, fölötte gondolkodóba ejt. Legsúlyosabb ellenvetésünk ez elmélettel szemben egyébként az, hogy bármilyen általános is a párosodás elterjedése az állat- és növényvilágban, mégis vannak szervezetek, melyekben — a mennyire tapasztalataink terjednek — úgyszólván határnélküli szaporodás lehetséges egybekelés és termékenyítés nélkül. Általánosan ismeretes, hogy számos növény nemzedékeken át földalatti hagymával és gumóval továbbtermesztethető a nélkül, hogy a degenerációnak vagy megvénülésnek legkisebb nyomát éreztetnék; sőt vannak egyes növények, és, M a u p a s szerint,

legnagyobb valószínűség szerint állatok is, melyek az ivaros szaporodáshoz szükséges berendezéseket teljesen elvesztették.

A párosodás e szerint nem lehet elkerülhetetlen szükségszerűség a szerves élet fennállására s ezzel a megifjodással való magyarázat elesik, és csak az a fölvetel marad hátra, hogy a fejlődő szervezet a párosodásban az egyéni sajátságok egybekapcsolásából, a két sejt egybeolvadásából valami hasznot húz. Minden jel arra vall, hogy a párosodás czélja két, egy fajhoz tartozó lény egyéni sajátságainak új szervezetben való egyesülése, tehát lényege csakugyan egyéni sajátságok keverődésében rejlik.

E vizsgálódások alapján új álláspontra helyezkedhetünk, melyből problémánkat másodszor szemügyre vehetjük. Itt először az a kérdés merül fel, vajjon az ivaros szaporodás sajátosságai: a hím és női ivarsejtek ellentétessége és viszonya az új egyén fejlődéséhez az egyéni sajátságok keverődésének szükségszerűségéből megmagyarázható-e? Helyes felelet céljából gondoljunk vissza az egysejtű szervezetek egybekelésére.

Ha két egysejtű szervezet sajátságait keverni akarja, e végre egyszerűen össze kell olvadnia. Protoplaszma protoplazmával, sejtmag sejtmaggal keverődik s mivel mindkettő egy sejtbe olvad össze, sajátságaiknak is kombinálódniuk kell. E kombináció azután összes utódaikra átterjedhet.

Ha két soksejtű szervezetnek kell egyéni sajátosságait egymással kombinálni, ez már nem olyan egyszerű, mint a leirtuk eset. Egy ember nem olvadhat össze egy másikkal egy egyénné. Még ha a soksejtű szervezetekben mindenütt sikerülne C r a m p t o n lepkebábjaihoz, vagy a növények oltásához hasonlóan két egyén különböző testdarabjait egy egészszé növeszteni össze, akkor sem vezetne ez sohasem egyéni sajátságok keverődésére. Élő szervezetek sajátosságai csak sejt-állapotban keverődhetnek. És ezzel magyarázható meg, hogy az összes felsőbbrendű szervezetekben a keverődés a szaporodáshoz, t. i. ahhoz az állapothoz van kapcsolva, midőn az új egyén, úgyszólván, még egyetlenegy sejtbe van foglalva, midőn mint ivarsejt van meg. E stádiumban két különböző egyénből származó két csirasejt összeolvadhat egymással és az így előálló sejtéből fejlődő szervezetben mind a kétféle egyéni sajátságok keverődése juthat kifejezésre.

A régi, látszólag magától értetődő nézetek a termékenyítés és fejlődés közti kapcsolatra nézve tehát az itt kifejtettekkel teljesen ellentétbe kerültek. Nem a két ivarsejtnek összeolvadása lényeges föltétele egy új szervezet keletkezésének, hanem, ellenkezőleg, az új szervezetnek egy sejtéből való fejlődése szükségszerű előföltétele a keverődésnek.

Ha tovább haladva úgy találjuk, hogy az összes felsőbbrendű állatokban és növényekben az összeolvadó csirasejtek kétféleképpen differen-

czialódtak s így közöttük feltűnő különbség van: e különbség azok után, miket a legalsóbbrendű szervezetek egybekelésénél találtunk, nem tűnhetik fel többé lényegesnek, mert benne csupán a munkafelosztás eredményét láthatjuk.

Ha ezek után kérdezzük, mi szükséges egyáltalában, hogy két különböző egyénből származó két ivarsejt csak együttvéve alkosson új szervezetet, feleletünk a következő:

1. Meg kell akadályozni, hogy az egyes ivarsejtek egymagukban tovább ne fejlődjenek; mindegyikben valami gátló berendezésnek kell lennie, melyet csak kölcsönösen szüntethetnek meg.

2. A két ivarsejtnak találkoznia kell egymással.

3. Bizonyos mennyiségű protoplazmával és tápláló-anyaggal kell rendelkezniök, mely a fejlődő embrió testének fölépítésére szükséges.

Tekintsük első sorban a két utóbbi feltételt. Világos, hogy e két feltételt az ivarsejtek megosztották egymás között. Az egyik szolgáltatja az összes protoplazmát és tápláló-anyagot, ez alkotja a petesejteket. Ezek nagyok és mozdulatlanok lettek és a másik ivarsejtet egyesülés céljából már föl nem kereshetik. Ez utóbbi feladat teljesítését a spermatozoák vállalták magukra. Protoplazmában és tápláló-anyagban szűkölködnek, e helyett mozgékony farki részökkel gyorsan változtathatják a helyöket és kicsiségöknél fogva olyan roppant mennyiségben képződnek, hogy bátran milliók mehetnek tönkre, ha csak egy is elérte célját. Minthogy ez a rendesen két különböző egyénből származó két ivarsejt így egymásra van utalva, ez egyúttal a legjobb biztosíték arra, hogy az egyesülésben nem egyenlő egyéni sajátságok kombinálódnak egymással.

Visszatérve most az első föltételhez, hogy t. i. a két ivarsejt mindegyike csak a másikkal való egyesülés után érheti el továbbfejlődésre alkalmas voltát, könnyen beláthatjuk, hogy e kölcsönös gátlás az épen tárgyalt munkafelosztással kapcsolatos. A spermatozoát mindenekelőtt a protoplazma hiánya gátolja továbbfejlődésében, a petesejt ezzel ellentétben protoplazmájában, sejtmagjában és tápláló-anyagbeli készletében a továbbfejlődésre szükséges összes föltételeket egyesíti, csupán az osztókészülék, a centrosoma hiányzik belőle. Immár világos lehet előttünk az egész berendezés. A hím és női ivarsejtek közti ellentétesség nem az őszállapotot jelzi. Kezdetben minden ivarsejt önálló fejlődésre volt alkalmas; ebbeli tehetségöket azonban, mely szűzenszaporodás alakjában olykor a felsőbbrendű szervezetek petéin is felcsillan, magasabb és fontosabb élet-tani cél, nevezetesen az egyéni sajátságok keverődése érdekében feláldozták. E cél szolgálatába szegődött a termékenyítés is, mely biztos megvalósításának csak egyik *eszköze*.

Ha azonban az ivarsejtek egyesülésének tulajdonképeni célja az egyéni sajátságok keverődése, hogyan lehetséges, hogy a spermatozoa

képviselte sajátságok a tömegére ezerszeresen, sőt milliószorosan nagyobb pete ellenében is érvényesülhetnek? E kérdésre a termékenyítés folyamatainak ismerete alapján adhatunk feleletet. Bármilyen eltérők legyenek is a hím és női ivarsejtek, egyben, t. i. sejtmagállományukban mégis egyenlők. A teljesen kifejlett spermamag és petemag nagyságra egyenlő egymással, a belőlük keletkező chromosomák száma is egyenlő, úgy hogy végeredményben alakra, nagyságra, számra teljesen hasonlóan fekszenek a pete állományában egymás mellett az apai és anyai chromosomák, melyeket a centrosomák osztókészüléke felülmúlhatatlan, bámulatos pontossággal egyenlő kombinációban származtat át a fióksejtekre. Ez apai és anyai chromosomákban kell minden bizonynnyal rejleni azoknak az igazgató erőknél, melyek a fejlődő új szervezetben a faj jellemvonásai mellett mindkét szülő egyéni sajátságait kombinálva kifejezésre juttatják. E szerint a sejtmagállománynak, mint az egyéni sajátságok hordozójának illetően kombinációja alkotja a véglényektől fel az emberig minden párosodás célját.

Hogy mit eredményezhet az egyéni sajátságok keverődése, legjobban az emberen tűnik elő. Így rendkívülinek nem nevezhető szülői sajátságokból keverődik a genie. A mi az emberre áll, érvényes a szervezetekre és a szervezetek egyes szerveire: az izmokra, csontokra, virágokra, levelekre, gyökerekre stb. Azokból a különleges sajátságokból, melyeket két egyén törzsfajlódása során őseitől örökölt, vagy bizonyos életföltételek mellett maga szerzett, kombinálódik egy új harmadik, mely az adott viszonyoknak rendesen még megfelelőbb. És e ponton tárgyunk a zoologia és botanika legnagyobb kérdésével: az élővilág keletkezésének nagy problémájával ölelkezik. Minden, a mit ez idő szerint a szervezetekről tudunk, arra a meggyőződésre vezet, hogy a felsőbb rendűek fokozatos átalakulással alsóbb rendűekből állottak elő és hogy az egész élő világ lassú haladással emelkedett a kezdetleges ősi állapotból a fejlettség legmagasabb fokára. Csak az a kérdés marad még megoldatlanul, hogy milyen erők okozhatták ezt? Ezek sorában bizonyára igen fontos helyet foglalnak el az egyéni sajátságok keverődésében rejő erők, melyek a szerves világ fokozatos előhaladásában talán a legtöbbet működtek közre.

DR. GORKA SANDOR.

Néhány újabb adat a fültömkeleg élettanához.

Az élettani szakosztálynak 1902. márczius 18-iki ülésén tartott előadás nyomán. —

Az LIX-ik Pótfüzetben megjelent cikkemben nagyjából már beszámoltam arról, a mit a fül tömkelegének nevezett szervről addig tudtunk. Elmondtam, hogy bonyolódott berendezése mily fontos célokat szolgál, s hogy *úgy látszik*, hogy legfőbb feladata az egyensúly fenntartása. Most is hangsúlyozom, hogy »úgy látszik«, mert a vizsgálók e tekintetben nincsenek teljesen egy véleményen. Cyon például a japáni tánczos egereket figyelve meg, 1900-ban állította, hogy a tömkeleg a *lőr érzékszerve* és semmi köze sincs az egyensúlyozáshoz. Természetesen még ugyanazon évben akadt két szerző is (Alexander és Kreidl), a ki ugyancsak japánitánczos egerekkel kísérletezve, Cyon-nal homlokegyenest ellenkező eredményre jutott.

Igy vagyunk különben minden tudományos kutatással; a minek több oka van. Egyik igen gyakori ok az, hogy sok vizsgáló nem elég elfogulatlan, s a helyett, hogy részrehajlás nélkül írná le a tapasztalt jelenségeket, talán tudtán kívül is, már eleve bizonyos, határozott cél felé tör, s igaz, hogy rendszeren jóhiszeműleg, de csak azokat a tünetenyeket veszi észre és jegyzi fel, a melyek az ő előre elképzelt elméletét támogatják, a többit pedig nem látja meg. Talán így jutott tévútra Cyon is.

A kérdés megoldását a jelen esetben az is megnehezíti, hogy a kísérletezés nagyon nehéz és végtelen türelmet és gondosságot kíván. Az is baj volt, hogy a kísérleti állatok nem sokáig éltek a műtét után, pedig jó lélekkel csak azokról a tehetségekről mondhatjuk, hogy kapcsolatban vannak a tömkeleggel, melyek, ha kiirtásakor elvesztek, még hónapok, sőt évek multán is hiányzanak. Ezért törekedtem arra, hogy megoperált galambjaimat lehetőleg sokáig életben tartsam.

Még 1898. nyarán több galambnak teljesen kiirtottam mindkét fül-labyrinthját. E galambok közül kettő csak mostanában, az egyik a műtét után 37, a másik 40 hónappal pusztult el. Rajtok a következő jelenségeket figyelhettem meg.

Mikor a műtét után felszabadítottam a galamb fejét, majd az egyik, majd a másik síkban folytonosan, rendetlenül mozgott ide-oda. Ha törzsét is felszabadítottam, a galamb teste valamelyik tengelye körül jobbra vagy balra, előre vagy hátra forgott, hentergett, illetőleg bukfenchezett. Ezek az úgynevezett kényszermozgások oly hevesek, hogy az operált állatokat az első 24 órára kendőbe csavarva kell tartani, hogy magukban kárt ne tegyenek.

Másnap a kényszermozgások már veszártanak hevedéségből, illetőleg nem tar-

tanak szakadatlanul, úgy hogy már a többi tüneményt is meg lehet figyelni. Ezeket a következőkben foglalhatom össze.

Az állat nem szívesen jár, sőt nem is tud járni. Legszívesebben oda támaszkodik valamihez, s akár órákig eláll mozdulatlanul, ha nem bántom. Ha sok ösztökélésre megindul, dülöngve tesz néhány lépést, mert hol jobb, hol bal lába összecszik, azután újra beáll a teljes kimerülésig tartó forgás, hentergés és bukfcenezés. E kényszermozgásokban az a nevezetes, hogy ha a hánykolódó galambot vergődése közben megfogom, s fejét a normálisnak megfelelő tartásba helyezem, elég a csőre hegyét ujjammal gyöngéden alátámasztanom, hogy egészen nyugodtan állva maradjon. Mihelyt azonban ujjamat elveszem a galamb csőre alól, vagyis mihelyt a fej kibillen rendes tartásából, azonnal újra beállnak a kényszermozgások.

Ha nagy zajt csapok, vagy űzőbe veszem az állatot, az eredmény megint csak kényszermozgás, de a galamb elrepülni nem bír. Ha feldobom, csapkod ugyan szárnyaival, de a szárnycsapások annyira célszerűtlenek és ügyetlenek, hogy a galamb esésének hevességét éppen nem mérséklék, s a szegény tehetetlenül ér a földre.

Mikor egy kétoldalt megoperált galambot vízszintes botra ültettem, tapasztaltam, hogy a botba igen ügyetlenül kapaszkodik bele, pl. egyik lábával rátapos a másikra, vagy behajtott körmeivel támaszkodik rá a botra, a helyett, hogy átfogná ujjaiával. Mihelyt elbocsátom, azonnal lefordul a botról, még akkor is, mikor segítségemmel nagy sokára ugyan, de annak rendje és módja szerint fogta is meg a botot.

Ha egészséges galambot lábánál fogva zsinegre akasztok, szárnycsapásai segítségével fölemelkedik, ha pedig kimerül,

mindkét szárnyát behúzza lóg alá. Ám ha kétoldalt megoperált galambot akasztok fel lábánál fogva, majd jobbra, majd balra forog, mert hol jobb, hol bal szárnyával csap erősebben, de emelkedni egyáltalában nem tud. Kimerülve mindkét szárnyát szimmetrikusan és teljesen kiterjesztve lelógatja.

Az LIX.-ik Pótfüzetben leírtam volt, hogy ha ép galambot forgó korongra erősítünk, a feje mind a forgatás alatt, mind pedig hirtelen megszakítása után bizonyos állandó szabályok szerint mozog. (Fejnystagmus illetőleg utó-nystagmus.) Forgassunk most egy olyan galambot, melynek mindkét tömkelege el van távolítva s tapasztalni fogjuk, hogy a szabad fej mind a forgás alatt, mind azután teljesen szabálytalanul mozog.

Ép galambnak szabad fején nystagmust és utó-nystagmust, bár valamivel kisebb fokban akkor is találunk, ha sapkát húzunk a fejére, hogy ne lásson. A megoperált galamb feje hasonló körülmények között teljesen mozdulatlan.

Mint hogy a tömkelegjéktől megfosztott galambok ilyenkor még nem tudnak maguktól enni, etetni kell őket.

Körülbelül hat hét telik bele, míg a megoperált galamb űzés, zaj nélkül önként is tesz néhány lépést, bár ilyenkor is dülöngve. A kényszermozgások maguktól most már valamivel ritkábbak, de izgalomra (pl. űzés, taps stb.) reflectorice mindig pontosan beállanak, s a teljes kimerülésig tartanak. Ebben az időben nagyon rossz bőrbőben vannak az állatok, mert tollazatuk a sok hentergés és bukfcenezés következtében piszkos, kopott, töredezett.

Fél évvel a műtét után a két galamb már maga evett, de csak teli csészéből tudott enni. A míg csőrük a kukoriczával telt edényhez ért, fejük a nyak töve, mint központ körül gyors, örvényszerű

mozgást irt le. Tízszer is odaér csőrük a csészéhez, míg egy szemet fel tudnak csípni, miközben természetesen igen sokat kiszórnak. Ebben az időben még ritkábbak a kényszermozgások, úgy hogy tollazatuk sokkal tisztább és ép. Ilyenkor már önként is szívesen járnak-kelnek. Járásukban azonban az a nevezetes, hogy nem tudnak egyenes irányban haladni, hanem kigyózó vonalat irnak le, mert hol jobb, hol bal lábukkal nagyobbat lépnek. Az egyenesből való kitérés annál nagyobb, minél jobban űzöm az állatot, általában minél izgatottabb a galamb. Botra ültetve a galambot, ebben az időben már akkor is megmaradt rajta, ha a botot lassan mozgattam. Ha azonban sapkát húztam az állat fejére, annyira ügyetlenül fogta meg a botot, hogy azonnal leesett róla.

Körülbelül másfél év kellett hozzá, hogy a két galamb legalább annyira, a mennyire a szárnyának is hasznát tudja venni. Ha ez idő óta feldobtam őket, esésök hevesességét mérsékeltek szárnyuk csapásaival, sőt, ha sokáig kergettem őket, fel is repültek. Repülésök azonban tökéletlen volt, mert nem arra repülnek, a merre akarnak, hanem nekimennek pl. a falnak, szekrénynek stb., s nagyon hamar kifáradnak. Itt jegyzem meg, hogy eddig Ewald észlelt legtovább kétoldalt megoperált galambokat, annyi ideig azonban, mint én, ő sem tudta őket életben tartani, úgy, hogy szerinte az a galamb, a melynek mindkét tömkelegje hiányzik, soha sem tud többé repülni.

Régebbi közleményemből, de az eddig elmondottakból is kitűnik, hogy a kétoldalt operált galambon észlelt tünetek egy része idővel vagy egészen eltűnik, vagy veszít hevesességéből. Azon jelenségeket azonban, melyeket a két galamb élete utolsó hónapjában (tehát körülbelül három évvel a műtét után) figyeltem meg, állandóknak kell tekinte-

nem. Ezeket a következőkben foglalhatom össze :

1. Kényszermozgás önként nem jelenkezik rajtok, sőt izgatással (űzés, taps) sem váltható ki. Annyiban tehetetlenek a galambok, hogy hátukra fektetve csak nehezen tudnak talpra állni.

2. Járásuk nagyjában hasonló az ép galambéhoz, de járásuk vonala kanyargós, és fejük járás közben hossz tengelye körül is inog. Járás közben olykor egészen meg is fordulnak, főleg, ha űzik őket, sőt, nekem is szaladtak. Ha hirtelen rajtok csapok, akár milyen tágas helyen könnyen el tudom őket fogni, miközben azt a hatást keltik az emberben, hogy a veszedelem észrevése, vagy a menekülésre szükséges izomműködés megindítása túlságosan lassú bennök.

3. Repülésök tökéletlen.

4. Boton, sapka nélkül, meg tudnak állni még akkor is, ha lassan mozgatom ; sapkában azonban azonnal lefordulnak róla, mert feltűnően egyszer a kelleténél előbbre, másszor a kelleténél hátrább helyezik testök súlypontját.

5. Nehézkesen esznek.

6. Szabad fejjel forgatva őket, a fejnyistagmus és az utó-fejnyistagmus teljesen szabálytalan.

Ha sapkában forgatom őket, szabad, le nem kötött fejjel, a fej a forgatás alatt és után teljesen mozdulatlan marad.

A szárnyak és lábak érzékenysége megfogyatkozott.

A két galamb megfigyelése közben felötlött ugyanis nekem több apró-cseprő jelből, hogy az egészséges állatok kevésbé érzékenyek. Hogy a dolognak végére járjak, tüzetesebben kezdtem azal a kérdéssel foglalkozni, hogy van-e a testfelület érzékenységének valami köze a két tömkeleghez. Ez irányú kísérleteimet galambokon és nyulakon végeztem,

még pedig 1. összehasonlíthatás kedvéért ép állatokon, 2. olyanokon, melyeknek egyik vagy másik, 3. melyeknek mindkét tömkelegjét elroncsoltam, eltávolítottam, vagy kokainoztam 5–10% os oldattal, végre 4. olyan galambokon, melyeknek valamennyi félkörös csatornáját plombozáltam.

Ezt a plombozálást, Ewald módszerét követve, a következőképen végeztem. Finom, fogorvosok használta fúróval megfúrtam a csontos félkörös csatorna legnagyobb domborulatát; a nyíláson át perilympa bugygyan ki, a mit apró itatóspapiros szeletkével addig kell felszívni, míg a műtét tere teljesen nem száraz. Ekkor újezüst amalgamból készült apró kockákat vittem be a fúrt nyíláson át a csontos csatornába, s a kockákat azután ott egy tömeggé sajtoltam. A boncolás igazolta, hogy ez az eljárás nem tesz kárt a tömkeleg, illetőleg a félkörös csatornák szerkezetében, csupán a perilympa és endolympa áramlását akadályozza meg. Az eredmény pedig, kivéve épen a testfelület érzékenységét, ugyanaz, mint teljes kétoldali labirintus-kiirtás után. Csak melleleg jegyzem meg, hogy a plombozálás módszere ilyenformán annak bizonyítékául is szolgálhat, hogy a tömkeleg működéséhez a peri- és endolympa szabad áramlására van szükség.

Míthogy az ismert ingerek közül az elektromosát tudjuk legpontosabban mérni, ezzel vizsgáltam meg kísérleti állataim testfelületének érzékenységét.

Egy 1 ampère erejű telepet összekötöttem egy úgynevezett Du Boys Reymond-féle indukciós készülékkel. Az e készüléktől vezető drótok végén levő elektródok annál erősebb áramcsapásokat osztogattak, minél közelebb volt egymáshoz az indukciós készüléknek úgynevezett elsődleges és másodlagos tekercse. Ha az elektródokat a kísérleti állat

valamely testrészéhez érintettem, bizonyos erősségű árammal az illető testrész megrándulását értem el.

Galambokon 32, nyulakon 7 kísérlet-sorozatot végeztem. Galamboknak a talpát és szárnyuk belső felületének egy, tapasztalatilag igen érzékenynek talált pontját izgattam; nyulaknak a fülük hegyét és tövét, azután mellő és hátulsó végtagjaik bizonyos pontjait. A galamboknak megnyirtam, a nyulaknak megborotváltam az illető testrészeit, s mielőtt megérintettem az elektródokkal, mindig meg is nedvesítettem.

A galambokon végzett vizsgálatok eredménye az volt, hogy

1. mindkét tömkelegjétől megfosztott galamb végtagjai csak jóval erősebb áramra rándulnak össze, mint az ép galambéi.

2. Azon galambok érzékenysége, melyeknek valamennyi félkörös csatornáját plombozáltam, nem változik meg. (Ez is bizonyítja, hogy a plombozálás nem tesz kárt a tömkelegbeli végkészülékben.)

3. Fél oldalt operált galambok *tulsó* oldalának végtagjai az ép galambokéinál csak sokkal erősebb áramcsapások iránt érzékenyek.

Ugyanezeket az eredményeket értem el azokon a nyulakon, melyeknek egyik, vagy mindkét labirintusát elroncsoltam, vagy kokainoztam.

Mindezekből joggal következtethető, hogy *a tömkeleg-készülék kapcsolatban van a testfelület érzékenységével, még pedig olyan formán, hogy mindegyik tömkeleg a tulsó testfél érzékenységével van reflex kapcsolatban.*

A gerinczagyból, mint tudjuk, úgynevezett érző és mozgató »gyökök« indúlnak ki. Schiff még régen a következő kísérletet végezte kutyákon és macskákon. Például jobb oldalt átvágta a végtagok mozgató, bal oldalt pedig érző gerinczagi gyökeket. Az eredmény az

volt, hogy az így megoperált állat bal lábával a kelleténél nagyobbakat lépett, jobb lábát pedig tehetetlenül húzta maga után.

Azok az állatok, a melyeknek egyik labyrinthusát elroncsoltam, eltávolítottam, vagy kokainoztam, szakasztott így viselkedtek.

A tömkeleg bizonyos részei kétségtelenül kapcsolatban vannak bizonyos izomcsoportok mozgató berendezésével.

Egyelőre még csak jelezni kívánom, hogy vizsgálataimat összevetve Schiff említett kísérleteivel és azon vizsgálataimmal, melyeket a fél és két oldalt operált állatok izomműködését illetőleg végeztem: kétségtelenné válik, hogy *a két labyrinthus a testnek mind érző, mind pedig mozgató beidegzésével »reflex kapcsolatban« van.*

Az idevonatkozó részletekkel később fogok beszámolni.

DR. MARIKOVSKY GYÖRGY.

A hőmérséklet nadirja.

John Tyndall »A hó mint a mozgás egyik neme« című ismert munkájában* azt mondja: »Kétségtelen azonban, hogy a valóságban minden gáz, mielőtt ennyire lehülne, már eltér az összehúzódnak fenn érintett törvényétől s szilárd testté válnék, még mielőtt elérné a -273 fokot, vagyis az abszolút zéruspontot. Sokkal alantabb áll ez minden eddig előállíthatott alacsony hőmérséknel«. És ime, alig mulik egy negyed század, és az abszolút zérusponthoz igen közel álló alacsony hőmérsékleteket tudunk előállítani.

A széndioxid-havat Tyndall is nagyban tárgyalja, de folyékony levegőt még alig sejt. Ennek készítése pedig a Lindeféle eljárással** ma már annyira könnyű, hogy külön iparágga fejlődött; így hűtésre, a Simplon-alagútnál robbantásra használják stb. A cseppfolyós levegővel előállított -190^0 -nyi hideget James Dewar a múlt évben R. Lennox és J. W. Heath segítségével végzett kísérleteiben még

inkább fokozta és a Royal Society-nak adott beszámolójában már joggal szólhatott a temperatura nadirjáról, mint-hogy -257^0 -ot tudott előállítani s így az abszolút zéruspontot már majdnem elérte.

Dewar beszámolójában tárgyalja: 1. a folyékony és szilárd hidrogén fizikai tulajdonságait; 2. a szabad hidrogén és más gázok kiválasztását a levegőből; 3. az elektromos ellenállás változásán alapuló thermométert a hidrogén forráspontján; 4. a héliumnak a hidrogén olvadáskor való folyósítására vonatkozó kísérleteket; 5. a piroelektromosságot, foszforeszkálást stb.

Dewar eredményeinek megérthetése végett idézzük emlékeztünkbe a levegő elemeit, a hogyan lord Rayleigh kutatásai alapján és azóta ismerjük.* Ezek tudvalevőleg a már Cavendish-től 1785-ben sejtett és megtalált, de fel nem ismert argon, a Nap spektrumából már régen, de a Földről még addig nem ismert hélium,

* Kiadta a Természettudományi Társulat 1874-ben.

** Természettudományi Közlöny 1897. februáriusi füzeté.

* Természettudom. Közlöny XXXI. köt. 114. l.

a krypton, a neon, a metargon és a xenon.

W. Ramsay-nak a British Association-ben Glasgowban tartott előadása szerint a levegő ez alkotórészei a következő mennyiségben vannak meg:

0·937-edrész argon 100 rész levegőben, 1—2 rész neon 100,000 rész, 1—2 rész hélium 1.000,000, 1 rész krypton 1.000,000 és 1 rész xenon 20.000,000 rész levegőben. Lehetséges, hogy a xenonban még egy újabb, nehezebb gáznak valami csekély mennyisége van meg, de nem valószínű; a gázok elválasztása egymástól különben is nagyon nehéz, de a levegő más alkotórészeitől annyira biztosan elkülöníthetők, hogy összes mennyiségükhöz kétség nem fér.

Mindezeknek a levegőből való ki és egymástól való elválasztása fölötté nehéz, mert csak igen sok folyósított levegő elpárolgatásával lehet őket megkapni.

Dewar újabb főbb eredményei a következők:

1. A hélium-thermóméter a hidrogén forráspontjául 20·5 abszolút fokot (—252·5° C.) ad, a hidrogén olvadáspontjául pedig 16 abszolút fokot. A hidrogén-thermóméter olvadáspontként 16·7 absz. fokot mutat. A gáz-thermóméterek nyújtotta legalacsonyabb hőfok eddig 14·5° (—258·5° C.) volt, melyet tökéletesebb szigeteléssel és még nagyobb higítással talán 13° absz.-ra lehet leszorítani. Ez lesz azután a legalacsonyabb hőfok.

A folyékony hidrogén lappangó melege forráskor körülbelül 200 hőegység, a mit a gőznyomásból és a hélium-thermóméter hőfokából határoztak meg; a szilárd hidrogén lappangó melege 16 egységnél több nem lehet; kevesebb talán igen.

A folyékony hidrogén fajhőjét úgy határozták meg, hogy megfigyelték a folyadék azon százalékát, melyet a vákuumban gyor-

san el kellett párolgatni, hogy a hőmérséklet a hidrogén olvadáspontjára leszálljon. A vákuum-edény folyékony levegőbe volt mártva. A százalék 15 volt, mi, a lappangó párolgáshővel egybevetve, a folyadék fagyás- és forráspontja közt körülbelül 6-ot ad fajhőül. Összehasonlításként folyékony nitrogénnel hasonló kísérletet végeztek s a folyadék fajhőjét véglegesen 0·43-nak, vagyis atómsúlyonként 6-nak találták. A hidrogén tehát követi a Dulong-Petit-féle törvényt és a fajheve olvadáspontja körül valamennyi anyag között a legnagyobb.

Dewar meghatározta a hidrogén felületi feszültségét a forráspontján és hasonló körülmények közt a folyékony levegőénél ötszörte kisebbnek találta; a folyékony hidrogén esetén feszültsége a közönséges hőmérsékletű víz felületi feszültségének $\frac{1}{35}$ -énél nem több.

A folyékony hidrogén törési együtthatóját úgy határozta meg, hogy annak az egykőzű sugárnyalábnak gyújtópontjában jelenkező különbségeket mérte meg, mely sorban vízzel, folyékony levegővel és folyékony hidrogénnel megtöltött gömbalakú vákuum-edényen haladt keresztül; eredményül 1·12-t kapott, az elméletileg számított törésegységűtató 1·11, tehát ép úgy, mint a folyékony oxigéné és nitrogéné is, az elmélettel egyező.

2. A szabad hidrogént, a héliumot és neont kétféle módon választották ki a levegőből. Az egyik mód szerint folyékony hidrogént használtak; a levegőt a nitrogén olvadáspontjáig hűtötték le és a benne feloldott gázokat főzéssel kiűzték. A másik módszerben Dewar olyan készüléket használt, mely részletes kiszivattyúzással megakadályozta, hogy az illó gázok ismét feloldódjanak. Ez eljárásnál a folyékony levegő térfogatának mintegy 34,000 ed része nem kondenzált gáz alakjában marad meg; maga a módszer csak kvalitatív és arra való, hogy a hidrogént a leve-

gőben felismerjük és egy részét kiválasztjuk. Dewar egyik előző értekezésében kimutatta, hogy 100 cm³ folyós levegő 20 cm³ hidrogént old fel. A második módszerrel kapott nyers gázban 32·50/o hidrogén, 80/o nitrogén és 60/o hélium, neon stb. volt kimutatható. A hidrogén és nitrogén eltávolítása után a neont folyós hidrogénben való lehűtéssel meg lehet fagyasztani és az illóbb részeket kiválasztani.

A levegőben oly gáznemű anyag is van, melyet a levegő folyósítása nélkül is kiválaszthatunk. E célra a levegőt oly spirális csövön szivattyúzzuk át, a melyben folyékony levegőbe mártott üvegyapot van. Miután nagyobb mennyiségű levegő haladt át a csövön, a csövet a folyós levegő hőfokát mutató fürdőben kiszivattyúzzuk, azután a közönséges levegő hőmérsékletére engedjük fölmelegedni, a sűrített gázokat pedig kiszivattyúzzuk. A spektroszkópi desztillálás után a vákuumcsövekbe vezetett gáz a xenon fővonalait mutatta, ha a légáramlatot oly nyomás alatt tartották, mely a folyadék telítése nyomásánál kisebb volt és így a folyósítást megakadályozták; a xenonnal együtt a kryptont is kivált. Mindkét gáz spektrumát J. D. Liveing-gel együtt vizsgálta meg Dewar és Runge-val egyezően úgy találta, hogy a xenon spektruma megváltozik, ha a gáz izzítására alkalmazott elektromos kisülés módja változik. Így leideni palaczk becsatolása nélkül a xenon spektrumának λ 4917 és λ 4924-nél két világos-zöld vonala van, ha pedig leideni palaczkot csatolunk az áramkörbe, egyetlen, sokkal erősebb vonal, λ 4922 jelenkezik; ez majdnem azonos az egyik héliumvonallal, de a sárga héliumvonal nem mutatkozik. A krypton spektrumában a különféle csövekben más és más volt a vonalak fényesége és a leideni palaczk beillesztése az áramkörbe kevesebb változást idézett elő.

Dewar és Liveing a xenon spektrumában 256, a kryptonéban 182 vonalat határoztak meg; a látható részt három, 600-os flintüvegprizmával vizsgálták, a láthatatlant két 600-os mészpáprizmával fotografálták, összehasonlításra vas- és héliumvonalakat használtak.

3. Tizenöt elektromos ellenállástermométert vizsgált meg továbbá Dewar egészen a hidrogén forráspontjáig. Az eredményeket Callendar és Dickson módszerével redukálta. Hét termométer adatait közli, kettő platinából, egy-egy aranyból, ezüstből, rézből, vasból és platina-rhódium ötvözetéből készült. A hidrogén forráspontjára az aranytermométer ad legkisebb értéket, azután következik a platinathermométer és az ezüstthermométer, a rézthermométer 26, a vasthermométer pedig 32 fokkal tér el az aranyhőmérő adatától, mely 23·50 absz. fokot mutat, a gázthermométerek 20·50 ával szemben. Nagyon különös a fémek elektromos ellenállásának fogyása a hidrogén forráspontjának hőmérsékletén. Így a réz ellenállása csak $\frac{1}{105}$, az aranyé $\frac{1}{90}$, a platináé $\frac{1}{35}$ — $\frac{1}{17}$, az ezüsté $\frac{1}{24}$ -de annak az ellenállásnak, melyet ezek a fémek az olvadó jég hőfokán tanúsítanak; a vas ellenállása csak $\frac{1}{8}$ -ra fogy le.

A hőfok és ellenállás közti összefüggés törvényét az itt észlelt határok közt nem ismerjük és azért a hidrogén forráspontján egyik fémthermométer adataiban sem bízhatunk meg.

4. A bath-i királyforrás gázából kiválasztott héliumot folyós hidrogénbe mártott csövön való átvezetéssel tisztították és a Cailet-t-féle gáztartóban 80 légköri nyomásnak vetették alá; az elvezető cső egy része folyós hidrogénbe merült. Ha a hélium rögtönösen a közönséges légnyomásra terjedt ki, köd keletkezett, annak jeléül, hogy szilárd test képződött. Ismételt összenyomás és ki-

terjedés után a cső végén a szilárd testnek csekély mennyisége gyűlt össze. Ez azonnal közvetlenül gázzá alakult át, a mint a folyós hidrogént eltávolították és a csövet a hidrogéngőzbe tartották. Ha szivattyúzás útján a hőfokot a folyós hidrogén olvadáspontjára, körülbelül 16 absz. fokra szállították le és a gázt, melyből a szilárd testet 20°50-on kiválasztották, újra kiterjedni engedték, nem mutatkozott többé köd. Ebből következtethető, hogy a ködöt más anyag okozta, és nem a hélium, valószínűleg a neon. Ugyanis, ha a neont eltávolították, a gáznak 80—100 légköri nyomásról való kiterjedésénél nem látszott köd, ha a cső szilárd hidrogénnel volt is körülveve. A hidrogénnel véghezvitt hasonló kísérletekből úgy látszik, hogy a hidrogénben láthatni ködöt, ha a kiterjedő gáz kezdetleges hőmérséklete kétszeres magasabb, mint a kritikus hőfok, ellenben köd már nem látható, ha a kezdeti hőfok a kritikusnak két és félszerese. E kísérlet eredményét a hélium viselkedésére alkalmazva, a hélium kritikus hőmérsékletét 9 absz. fokon alulinak találnók.

O l s z e w s k i kísérleteit úgy intézte, hogy a hélium 125 légköri nyomáson kritikus hőfokának hétszeresével terjedjen ki. Ha a hőfokot az adiabatikus kiterjedésből számítjuk, 21 absz. fokból kiindulva, a 20-szoros kiterjedés 6·3, a 10-szeres 8·3 absz. fokot eredményezne. Kimondható tehát, hogy a hélium tényleg 9—10 abszolút fokra hűlhetett le a nélkül, hogy folyósítható lett volna. Tekintetbe kell azonban venni, hogy lord R a y l e i g h már kimutatta a hélium kis törési képességét, mely a hidrogén törési képességének csak mintegy negyede. Ha tehát a folyadékok törési képességei közel ugyanazon viszonyban állanak, mint a hidrogén és oxigén gázokéi, és a folyékony hidrogén törési képessége 1·12, akkor a folyékony héliumé 1·03 volna. Más szóval a

folyékony héliumnak forráspontjánál körülbelül az volna a törési képessége, mint a mi a folyós hidrogéné kritikus pontján, tehát az a héliumcsöppecske, mely a kritikus pont körül képződik, sokkal nehezebben látható, mint a hidrogéncsöppecske.

Az a remény, hogy a héliumot folyósítsuk, vagyis 5 absz. fokot érjünk el, azon alapszik, hogy a héliumot ugyanoly eljárásnak vessük alá, mint a milyen a hidrogénnel sikerre vezetett. Csakhogy kezdő hűtő folyadékul hígított folyós levegő helyett hígított folyós hidrogént kell használnunk és az eredő folyadékot oly vákuumedényben felfogunk, mely maga is folyós hidrogénben áll. Ha már most egymás mellé állítjuk a regenerátor okozta folytonos kiterjedés elején tapasztalt kezdeti hőmérséklet (*A*), a gáz kritikus pontját (*B*) és végül az eredő folyadék forráspontját (*C*), a következő, részben elméletileg és kísérletileg igazolt, részben csak számított eredményekre jutunk (abszolút fokokban):

	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
Folyékony hélium?	50	20	10 ?
Szilárd hidrogén ..	15	6	4 ?
Folyós hidrogén...	20	8	5 (He ?)
Evakuált folyós levegő	75	30	20 (H)
52° C.....	325	130	86 (levegő)
Alsó vörös izzás..	760	304	195 (CO ₂)

Látnivaló, hogy szilárd hidrogént és így 15—16 abszolút fokot előállíthatunk, melynek alkalmazásával azután olyan anyagot tehetnénk folyóssá, melynek kritikus pontja mintegy 60°, forráspontja 4°; ha azután így folyékony héliumot állíthatnánk elő, még akkor sem érnék el az abszolút zéruspontot. Hogy ezt elérhessük, olyan gázt kell találnunk, mely ép annyival legyen illóbb, mint a hélium, mint a mennyivel ez illóbb a hidrogénnél. Ha a héliumcsoportban akadnánk két atómsúlyú anyagra, ez a gáz a célhoz közelebb vinne; addig azonban a hélium

folyósításának nehéz és költséges problémája csak probléma marad és foglalkoztatni fogja a tudományt.

5. A kísérletek folyamán Dewar természetszerűleg legkülönbözőbb tünetmenyeket észlelt, melyek közül néhányat felemlít beszámolójában. Így feltűnő a szerves anyagok foszforeszkálásának növekedése, ha a hidrogén forráspontjáig hűtetnek le, ellentétben a folyékony levegő hőfokára lehűtött testek foszforeszkálásával. A 21 absz. fokra lehűtött és fénynek kitett cinkszulfid a hőfok emelkedésekor ragyogón foszforeszkál. A sötétben világító testek, mint a radium, világító erejüket változatlanul megtartják a folyékony hidrogénben is. Fotografiai hatás még van, de már félakkora intenzitású, mint a folyékony levegőben. Némely kristály a folyós hidrogénben magától világítóvá válik; ennek oka, hogy a lehülés a kristálmolekulák közti elektromos kisülésekkel erős elektromosságot gerjeszt; különösen feltűnő ez a platincyanidon és az urániumnitráton. E kris-

tályoknak a folyós levegőre való lehűtése már is élénk elektromos és fényhatásokat vált ki.

Ha meggondoljuk, hogy a folyós hidrogén és a folyós levegő erősen szigetelő anyag, az említett elektromos kisülések bizonyítják, hogy a lehűtés okozta elektromos feszültségnek igen nagyoknak kell lennie. Ha a lehűtött kristályt a folyadék-ból kivesszük, a világítás és az elektromoskisülések a hőfok emelkedésével ismét jelenkeznek. Az urániumnitrát-kristály oly erős elektromos töltést kap, hogy, bár sűrűsége 2:8, a folyós levegőé pedig 1, mégsem merül alá, hanem a vákuum-edény falához tapad és a felfüggesztő selyemszálon érezhető ellenállást fejt ki az elmozdításkor. Ilyen kristály a folyós levegő minden zavarosságát megszünteti, mert az összes benne úszó részecskéket magához vonzza. A piroelektromosságának tanulmányozása ily alacsony hőfokokon még sok fontos kérdésre fog válaszolni.

DR. LAKITS FERENCZ.

A kristályformák eredetéről és egymáshoz való viszonyáról.

Baumhauer H. freiburgi (svájci) egyetemi tanárnak 1901-ben tartott rektori beszéde.

Jóllehet a természettudományok különböző ágai az újabb időben előre nem sejtett föllendülésnek s általános érdeklődésnek örvendenek: mindazonáltal az ásványok világa a nagy közönség javarésze előtt valóban ismeretlen világ még és a bűvároknak is aránylag csak kis részét foglalkoztatja. Ezen nem is lehet csodálkoznunk. Az élő természeti lényeket, a növényeket és az állatokat nemcsak létezésükben, hanem fejlődésükben is úgy szólván mindenhol és mindenkor megfigyelhetjük, az ásványok pedig távolabbra esnek tőlünk. Nagy fáradságba kerül,

míg a földből a napvilágra kerülnek s még a bányában sem igen kísérhetjük figyelemmel növekedésüket, mert a legtöbb esetben már mint kész képződményeket találjuk; a legtöbb ember csak gyűjteményből, muzeumból ismeri őket.

Egy-egy gazdagabb muzeumban azonban kifejlődésök szépsége és változatosága okvetetlenül magára vonja a szemlélő figyelmét s különösen az *ásványok egyénei*, a *kristályok* keltik föl az emberben a bámulatot, csodálatos és változatos formájokkal és fénypompájokkal. Épen ezért foglalkozzunk ez alkalommal kissé a kris-

tályformák eredetével, valamint azokkal a vonatkozásokkal, a melyek egy és ugyanazon test formái közt, és azokkal, a melyek különböző testek kristályformái közt fennállanak. E kérdés fejtegetése czéljából azokat az általános szempontokat is tárgyalnunk kell, a melyekből a jelenlegi tudomány a kristályformák látszólagos chaoszát úgy tekinti, mint változatos, de törvény szabta egészet.

A *kvarcz*, a mely gyakran fordul elő nagy vizes kristályokban (u. n. hegyi kristály), már az ókorban nagy mértékben vonta magára a természetvizsgálók figyelmét. Tisztasága és színtelensége miatt önkéntelenül a jéggel hasonlították össze és egyenesen jégnek, *κρυσταλλοζ*-nak nevezték, annyival is inkább, mivel Plinius szerint csak azokban a nagy magasságokban találták, »ubi maxime hi-bernae nives rigent«. S ime, itt is nyilvánul a régiek abbeli hajlama, hogy a természet vizsgálata alkalmával per analogiam vonjanak egyenes következtetést: axiómává lett, hogy a hegyi kristály is vízből keletkezett, úgy mint a jég. Már Kr. e. 30 évvel Diodorus Siculus állította, hogy a hegyi kristály tiszta vízből áll, mely azonban nem a hidegtől, hanem isteni tűz erejétől szilárdult meg. Seneca úgy vélekedett, hogy az égi víz, a mikor minden földi anyagtól menten megszilárdul, tartós hideg makacs-sága következtében mindig sűrűbbé és sűrűbbé válik, végre az összes levegő kinyomulván belőle, egészen összeszorul s így kővé változik. Plinius is azt írja: »glaciemque esse certum est, e coelesti humore puraque nive id fieri necesse est«. Ez a nézet átnyúlik még abba az időbe is, a melyben a megfigyelés mind szűkebb és szűkebb határok közé szorította a képzelet tágas mezejét; még Linné is úgy vélekedik, hogy a hegyi kristály: »est natum ex aqua aetherea«. Csak az ásványok kémiai természetének kifürké-

szése, előfordulásuk és a társ-ásványok megfigyelése eredményezte idővel, hogy képződésükről alapos nézetekre tettünk szert, a melyekből kiindulva, azután némely esetben sikerült is a természeti erőik illetén termékeit hasonló képződésbeli körülmények közt laboratoriumokban előállítani.

De térjünk most át a kristályok sajátos formáinak eredetére.

Már Plinius megfigyelte a hegyi kristály formáját, a piramis lapokban végződő hatszöges oszlopot, de meglegszik e mondással: »quare sexangulis nascatur lateribus, non facile ratio inveniri potest«, és még a XVIII. század kezdetén így kiált Henkel, az akkoriban nagyon elterjedt »Pyritologia« című könyv szerzője: »o silex, silex, quis te generavit?« De már ezt megelőzőleg többször megtörtént, hogy laboratoriumokban sok vizes oldatából kristályokat kaptak, a melyek könnyen megkülönböztethető formájúak, így a timsót, a mely csinos oktaéderekben, a salétromot, a mely oszlopos kristályokban válik ki. Boetius de Boot ezért az 1609-ben megjelent, »Gemmarum et lapidorum historia« című munkájában a kristályok formáját hozzájuk keveredett sókból vezette le, a melyek szerinte rátermettek arra, hogy az ásványi anyagokat hasonló formák fölvételére kényszerítsék.

Linné a kristályképzőknek tekintett sókat egyenesen atyáknak (patres) nevezte, a melyek a kőzetekben (matres) kristályokat nemzenek. Muria, a kősó, kockákban terem, azért a szintén kockatermetű fluoritot e szerint nevezte el, hasonlóképen alumen adamas-nak nevezte el a gyémántot a timsó, alumen, szerint. A salétrom, nitrium, hatoldalú oszlopokban jelenkezik ennek alapján Linné megadja a választ Henkel-nek a hegyi kristály formájának eredetére vonatkozó kérdésére is: »figuram obtinet ipsissimam verissimamque nitri«.

Az ásványok formájának behatóbb ismeretét a tangens szögmérő, majd később a tükröző szögmérő föltalálása tette lehetővé; ezek oly műszerek, melyekkel a kristályok lapszögeit mérhetjük. De, bármily gyümölcözők voltak is az ebből folyó tanulmányok, még sem voltak elegendők, hogy az említett tarthatatlan hipotézisek helyett kielégítő módon adjanak felvilágosítást a kristályok sajátos formájának eredetéről. A kristályforma ugyanis csak *egy* azon számos fizikai tulajdonság közül, melyek az anyagot jellemzik. A folyadék, a melyben minden irány fizikailag azonos, szabad képződéskor cseppekbe alakul, a *gömb* alakját ölti magára, a mi a molekulák abbeli törekvésének felel meg, hogy lehetőleg kis felületet alkossanak. A kristályosodó egyes molekulák, az ú. n. kristálymolekulák* is azon vannak, hogy lehetőleg kis felületű csoportokat alkossanak; de ehhez járul, hogy a kristályosodó testekben a vonzó erő nagysága az irány szerint változik, a minnek következtében zavartalan képződés esetén *sík lapoktól* határolt alakok keletkeznek. Hogy egy bizonyos anyag miért kristályosodik mindig *ugyanazon meghatározott formában*, ugyanazon szögletekkel, pl. a gyémánt oktaéderben, a hegyi kristály szabályosan hatszöges oszlopokban, hozzájuk meghatározott egyforma szögletben hajló piramislapokkal: épen oly kevéssé mondhatjuk meg biztosan, mint a hogy pl. nem tudjuk valamely anyag fajsúlyát, fénytörését az ő kémiai összetételéből levezetni. Tudjuk ugyan, hogy a kristályalak első sorban a kémiai összetételtől függ, hiszen az izomorfizmus jelensége épen abban áll, hogy egymással rokon elemekből

* A kristálymolekulák mineműségéről természetesen biztosat nem tudhatunk. Vanak tények, melyek arra utalnak, hogy egy-egy kristálymolekula több-kevesebb kémiai molekulából áll.

A ford.

álló hasonló szerkezetű vegyületek közel ugyanoly kristályformájúak; de ez ismeretből csak hosszú, fáradságos úton juthatunk el addig, hogy valamely anyag kémiai természetéből az ő kristályformáját elméletileg levezessük. Mindenesetre lehetséges már kijelölni azt az irányt, a melyben haladnia kell a vizsgálódásnak, hogy ezt a czélt legalább megközelítse.

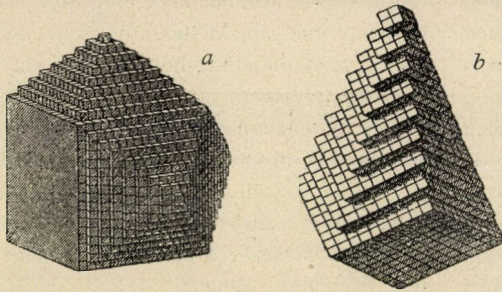
Sokkal határozottabban felelhetünk arra a kérdésre, hogy micsoda vonatkozások állanak fenn egy és ugyanazon anyag változatos formái közt. Már futólagos szemléletkor láthatjuk, hogy egy és ugyanazon ásvány kristályai igen sokféle külsőben, azaz sok különféle formától határolva fordulhatnak elő; sőt, ha egynémely ásvány kristályaiából sokat mérünk végig, láthatjuk, hogy rajta száznál több kristályforma is jelenkezik. Hogy egy és ugyanazon ásványnak illetően összes formái mily vonatkozásban állanak egymással, azt először egy éles eszű vizsgáló, René Just Haüy mutatta ki kellően, a kinek erre vonatkozó fejtegetései örök időre szólnak, habár jelenleg kissé másképp is formulázzuk. Már ő előtte Westfeld és Gahn (1767) megfigyelték, hogy a mészpát különféle kristályai a romboéder lapjai szerint tökéletesen hasadnak, úgy hogy akármilyen mészpátkristályból ily romboédert mintegy ki lehet hámozni, és már Torbert Bergmann (1773) úgy vélekedett, hogy a különféle mészpátkristályok valamennyien romboédes elemi testecskének egymásra rakódásából keletkeznek. Haüy ismételte ezeket a hasító kísérleteket és kimutatta (1784), hogy a mészpát összes formáit levezethetjük, ha oly apró kis romboédereket, mint a minő a hasadási romboéder, alkalmas módon egykőzű állásban egymásra helyezzünk, illetőleg az ilyen módon fölépített romboéderből fokozatosan egyes rétegeket eltávolítva képzelünk (*decrementia*);

továbbá kimutatta, hogy a fölépítés, illetőleg eltávolítás módjából a keletkező érintő síkok hajlásszögeit is kiszámíthatjuk. Ha \ddot{u} y azután ezt az elméletét általánosította és egyáltalában minden kristályt úgy tekintett, hogy egyközűen egymás mellett fekvő paralelepipedon alakú, összevágó molekulák rétegeiből áll. Az 1. ábrából kitűnik, hogy miképen származtatta Ha \ddot{u} y apró kis kockákból a galenitnek rombtizenkettős formáját és elemi romboéderekből a kalczit legközönségesebb szkalenoéderét. Természetesen nehézségekbe ütközött azokon az ásványokon, melyeknek határozott hasadásuk nincs, sőt az oktaédes hasa-

dásuakon nem is lehetett az ezen hasadásnak megfelelő molekulákat úgy egymás mellé helyezve képzelni, hogy tér ne maradjon köztük, s így Ha \ddot{u} y kénytelen volt kevésbé természetes segítő hipotézishez fordulni, hogy ezeket az utóbbi kristályokat is paralelepipedonszerű elemi részecskékből fölépítetteknek magyarázza.

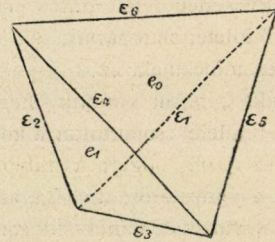
Nem akarok azonban tovább belebocsátkozni Ha \ddot{u} y elméletének fogatkozásaiba; főérdeme, hogy ő mutatta ki először, hogy egy és ugyanazon ásványnak különböző formái mily matematikai vonatkozásban állanak egymással.

Mai nap már sokkal egyszerűbben és tökéletesen kifogástalan módon fejthet-



1. ábra.

1. ábra. Kristályok felépülése Ha \ddot{u} y szerint *a* a galenit rombtizenkettősének felépülése kockákból; *b* a kalcitszkalenoéder alakulása romboéderekből. — 2. ábra. Tetraéder.

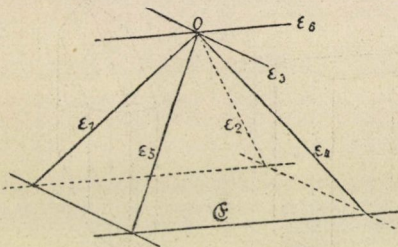


2. ábra.

jük ki, hogy bizonyos test kristályformái közt mily vonatkozások állanak fenn. Kiindulunk abból az általános megfigyelésből, hogy egyes lapok a kristályokon egyközű élekben metszik egymást, vagy legalább metszenék egymást, ha meghosszabbítva képzeljük. Ily lapokról azt mondjuk, hogy *övet* alkotnak és ezt az él-irányt *övtengelynek* nevezzük. Már két lap, a mely nem egyközű egymással, övet alkot. Egy és ugyanazon lap tartozhatik egyszerre két vagy több övbe is, és már két övhöz való tartozásával a fekvése a többi lapokhoz képest tökéletesen meg van határozva, mivel két adott egyenesen (a két övtengelyen) át csak egy lapot lehet fektetni.

Tudvalevőleg a tért köröskörül legkevesebb négy sík lap határolhatja, a melyek olyan fekvésűek, hogy közülök három nem tartozik egy övbe. E négy lap tetraédert alkot. Induljunk ki a tetraéderből (2. ábra), melynek hat éle ($\epsilon_1 \epsilon_2 \dots \epsilon_6$) tehát hat övet határoz meg. Nyilvánvaló, hogy egy-egy élén keresztül s egyúttal egyközűen a szembeneső éllel lapot lehet fektetni, összesen tehát három további lapot, a melyek mindegyike tökéletesen meg van határozva, hiszen a tetraéder két adott övéhez tartozik. Ennek könnyebb megértése céljából képzeljük a négy tetraéderlapot egymással egyközűen eltolva, úgy hogy a térnek tetszőleges, ugyanazon pontján menjenek keresztül,

O ponton a 3. ábrán: akkor jól látható, hogy ez a három új lap keresztül fog menni az ϵ_1 és ϵ_4 , az ϵ_5 és ϵ_2 és az ϵ_3 és ϵ_6 éleken. De ez a három új lap ismét három új élben metszi egymást, a melyek három új övet határoznak meg. Egy-egy ilyen új övbe és a tetraéder egy-egy eredeti övébe ismét egy-egy új lehetséges lap tartozik stb. Ily módon a kristály négy eredeti lapjából kiindulva, nemcsak a többi valóssággal jelenlevő lapját vezethetjük le, hanem egyáltalában az összes rajta lehetséges lapjait is. Valamely kristály összes lapjai tudniillik az említett övi viszonyban állanak egymással, nemkülönböztetve ugyanazon test különböző kristá-



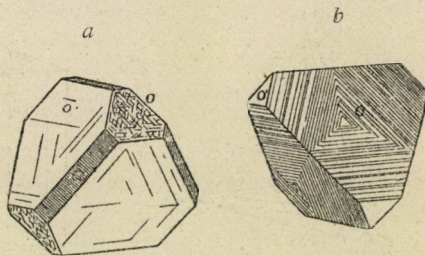
3. ábra.

3. ábra. A tetraéder lapjai egy pontba összetolva. — 4. ábra. Szfalerit-kristályok.

nak nevezzük. (Ilyen összetartozó lap pl. az oktaédernek 8 lapja, a hexaéderélekre, mint koordinatarendszerre vonatkozva.) De annak eldöntésére, vajjon két vagy több kristálylap egyértékű-e, nem elégséges pusztán geometriai helyzetüket tekintetbe venni; a kristályforma *fizikai* tulajdonság, a mely az illető anyag kémiai természetében gyökeredzik s ennél fogva az egyértékű lapoknak fizikailag is egyenlőknek kell lenniök, tehát keménység, hasadás, oldó szereknek való ellenállás stb. tekintetében, s csakis ez utóbbi esetben tekintjük az illető lapokat egyértékűeknek s mondjuk róluk, hogy *egy* kristályformához tartoznak. Így pl. a geometriai tekintetben vett oktaédernek nyolcz

lyain levő lapok is, és csak olyan lapok fordulnak elő, a melyek két, vagy több valóban kifejlődött, vagy lehetséges övhöz tartoznak. Ezt az övtörvényt a kristálytan alaptörvényének nevezhetjük. Ha üy nagy kortársa, Ch. S. Weiss volt az, a kinek ez övtörvény felismerését köszönjük (1806).

Valamely kristályosodott testen sokszor igen nagy a lapok száma, a melyek az említett módon övi viszonyban állanak egymással. Közülök azokat, a melyek a térben bizonyos kristályélekre, mint tengelyekre vonatkoztatva, azonos fekvésűek, összetartozó, egyértékű lapoknak, s az ily lapok összességét *egyszerű formá-*



4. ábra.

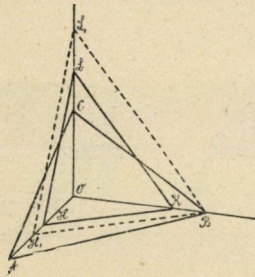
lapja fizikailag valamennyi egyértékű lehet — kristálytani oktaéder, vagy a lapok csak felváltva egyenlő értékűek, ez esetben két tetraéder kombinációját alkotják. Némelykor, mint pl. a 4. ábrán lerajzolt szfalerit-kristályokon, már a lapok különböző nagysága és különböző felszíni alkotása is elárulja a két tetraédert. Egyszerű forma és kombináció tehát egymással ellentétes két kristálytani fogalom. A mi az egyszerű formákhoz tartozó lapok számát illeti, e tekintetben nagy a változatosság. Van kristályforma, a melyet 48 lap összessége alkot, és vannak olyanok, a melyek csak egy lapból állanak; az utóbbi szélső esetben t. i. a kristályon még egyes egymással szemben álló egy-



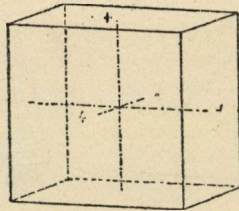
közű lapok sem egyenlők fizikai értelemben.

Ha az ötvörvény megengedi, hogy valamely kristályosodó test összes lehetséges kristálylapjait levezessük, az a kérdés merül fel, vajjon e lapok száma a valóságban határtalan-e, vagy nem. E kérdésre a választ egy másik általános érvényű kristálytani alaptörvény adja meg, a mely egyrészt a H a ü y-féle elméletből, illetőleg az ötvörvényből levezethető matematikailag, másrészt pedig számtalan egyes megfigyelés összefoglaló kifejezése. Ez az egyszerű *raczionális tengelymetszések* törvénye, a melyet először H a ü y mondott ki, habár más formában, mint a

melyben jelenleg szokás kifejezni. Ugynevezett tengelyekül három oly kristálylap metsző éleit választjuk, a melyek nem tartoznak egy övhöz. Ha most a többi összes lapokat önönmagukkal egyközűen úgy eltolva képzeljük, hogy a tengelyek egyikének egy és ugyanazon pontján haladjanak keresztül (pl. az 5. ábrán a *HKL* lapot, úgy hogy az *OB* tengely *B* pontján menjen át), a más két tengelyt különböző távolságban fogják metszeni, de egy-egy tengelyen a lemetszett részek a három tengely metszése pontjától számítva *raczionális viszonyban* állanak egymással (az 5. ábrában $\frac{OA}{OH}$ és $\frac{OC}{OL}$) és *végyszerű*



5. ábra.



6. ábra.



7. ábra.

5. ábra. Raczionális tengelymetszés ábrázolása. — 6. ábra. A kőso kristály. — 7. ábra. A gipsz kristály.

egész, vagy tört számokkal fejezhető ki. Ez a törvény tehát korlátozza valamely kristályosodott test formáinak végtelen számát.

Eddig egy és ugyanazon testnek különböző kristályformáival foglalkoztunk, térjünk most át azokra a vonatkozásokra, a melyek különböző testek kristályformái közt vannak. Induljunk ki néhány példából. Látjuk, hogy a kőso kockában, (6. ábra) a mészpát romboéderben és szkaloenoéderben (8. ábra), a barit rombusz táblában terem (9. ábra), a gipsz pedig rombos prizmákban, felül-alul ferdén ülő lapokkal, a melyek azonban jobbra és balra egyenlő szög alatt haj-

lanak (7. ábra). Már futólagos szemlélet is meggyőző, hogy itt nemcsak eltérés van az egyes lapok alkotta szögekben, hanem, hogy a kristályok egész felépítése módja, jobban mondva, a szimmetriájok foka különböző: a kocka szimmetriásabbnak látszik, mint a romboéder, ép úgy a barit táblái szimmetriásabbnak látszanak, mint a gipsz oszlopos kristályai. De hogyan jelöljük meg a szimmetria e különböző fokait?

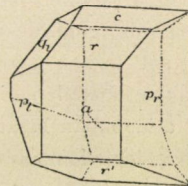
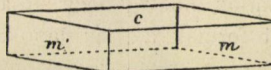
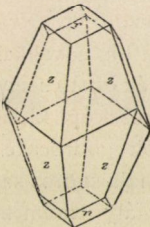
Valamely kristály szimmetriájának nevezhetjük azt a szabályszerűséget, a mely a rajta levő egyértékű lapok számában és elrendezésében nyilatkozik. Ha ezt a szabályszerűséget meg akarjuk határozni, meg kell vizsgálni, hogy

egy köröskörül kifejlődött kristályon mi módon ismétlődhetnek egyes lapok.

Az ismétlődés mindenekelőtt abban állhat, hogy mindegyik laphoz vele szembenfekvő egyközű párja tartozik; ilyenkor azt mondjuk, hogy a kristálynak van szimmetria-centruma. Továbbá ismétlődhetik valamely lap olyanformán, hogy egy másik lap egy síkhoz képest szimmetriásan fekszik hozzá, azaz úgy, mintha a tükörképe volna; az ilyen síkokat szimmetria-síkoknak nevezik.

Egy szimmetria-síkja van pl. a gipszkristálynak (7. ábra), t. i. az, a melyet a b lappal egyközűen az ll és mm éleken át fektetve gondolunk.

Vége több egyértékű lap olyan elrendezésben lehet, hogy mindegyik akkor kerül a másik helyzetébe, ha a kristályt egy tengely körül bizonyos szöggel elforgatjuk, a mely tengely megfelel valamely élránynak. E forgatás alkalmával tehát az egész kristály az eredeti helyzetével azonos helyzetbe jut; az ilyen tengelyeket szimmetria-tengelyeknek nevezzük. A 10. ábrában előtüntetett bórsav-kristálynak pl. nincsen szimmetria-síkja, csak szimmetria-tengelye, a mely egyközű a cra élránynyal; ha e körül 180° -kal elforgatjuk a kristályt, eredeti helyzetével azonos helyzetbe jut. Az övtörvényből levezethető, hogy csak 2-, 3-,



8. ábra. A mészpát kristálya.

9. ábra. A barit kristálya.

10. ábra. Bórsav-kristály.

4- és 6-értékű vagy — fogású szimmetria-tengely lehetséges, azaz olyan, melyben az azonos helyzetet 180° , 120° , 90° illetőleg 60° -os forgatással érjük el. Lehetséges még az is, hogy az azonos helyzetet nem érjük el pusztán forgatással, hanem forgatás és egyúttal a forgatás tengelyére merőleges sík szerint való tükröztes segítségével; ilyenkor az illető tengelyt az összetett szimmetria tengelyének nevezzük.

Ezek az ú. n. *szimmetria-elemek* (szimmetriapont, sík, tengely és az összetett szimmetria tengelye) azok, a melyek vagy egymagokban, vagy egymással változatos kombinációban megszabják valamely kristály szimmetriáját. Miként kü-

lönösen Hessel és Gadolin kimutatta, e szimmetriaelemek összes lehetséges kombinációjából 31 lehetséges kristályosztály adódik ki, a melyekhez 32-iknek járul az aszimmetriás osztály, a melynek semmiféle szimmetria eleme nincsen, a melyben tehát csak az övtörvény uralkodik és minden egyes kristály-lap egy-egy önálló formát képvisel.

A 32. osztályt 6, illetőleg 7 kristályrendszerbe foglalják össze, a melyek mindegyike a szimmetria bizonyos minimumával kell, hogy bírjon. A kristályosodott testek nagyon egyenlőtlenül oszlanak meg ebben a 32 osztályban. Egyes osztályoknak igen számos képviselőjük van, három osztályra pedig egyáltalában még nem ismerünk

példát. Vajjon valóban nincsen az ásványok, vagy a mesterségesen előállított vegyületek sorában példa ezekre a kristályosztályokra, vagy talán még a bűvárkodás feladata, hogy ez az eddig mutatkozó hézag ki legyen pótolva? Úgy látszik, hogy az utóbbit remélhetjük, mert egyes más osztályokra is csak az újabb időben sikerült képviselőket találni, még pedig a mesterségesen előállított kristályok közt. Az az igazság, hogy lehetséges volt egy oly rendszert, a minő a 32. kristályosztályé, matematikai úton a priori megállapítani, mindenestre meglepően tanuskodik arról a nagy különbségről, a mely a mineralógus, a botanikus és a zoologus kutatásának köre közt van.

Hogy valamely kristály melyik osztályba való, gyakran nehéz dolog eldönteni, sőt tisztán geometriai vizsgálattal általában lehetetlen. Ennek oka az, hogy azok a lapokban leggazdagabb formák, a melyek legjellemzőbbek az egyes kristályosztályokra s így őket elárulják, nincsenek kifejlődve, hanem csak a lapokban szegényebb formák, ú. n. határformák, a melyek geometriailag egy és ugyanazon rendszer több osztályába is tartoznak. Így pl. a koczka a szabályos rendszernek mind az 5. osztályába tartozik, és mégis mindegyik osztályban más-más, lapokban gazdagabb forma határformájának tekinthető.

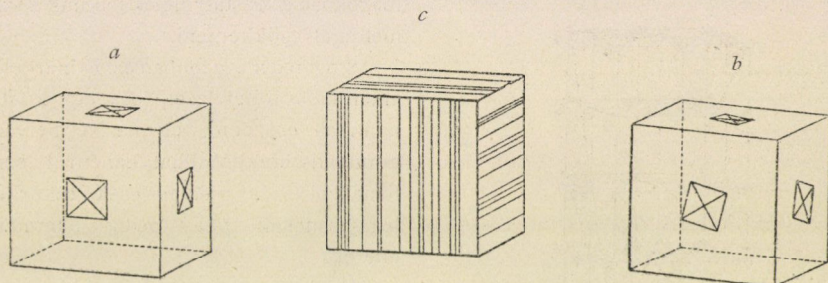
Ily esetekben azután a szorosán vett fizikai tulajdonságokkal dönthetjük el kétségtelenül, hogy az illető kristály melyik osztályba tartozik. E célra azonban a fizikai tulajdonságok nem alkalmasak valamennyien egyenlő mértékben, mivel a kristályokban a geometriailag egyenértékű irányok fizikai tekintetben is azonosak ugyan, de a geometriailag különböző értékűek nem egyúttal különböző értékűek minden fizikai sajátságra vonatkozólag.

Az optikai tulajdonságok pl. cserben hagynak, ha valamely rendszer különböző osztályairól van szó; csupán a circularis polárosság jelenségét használhatjuk fel egyes osztályok felismerésére. Van azonban a vizsgálódásnak egy más módja, a mely kiválóan alkalmas, hogy valamely kristálynak a formákban ki nem fejezett, vagyis mintegy elrejtett szimmetriáját kifejükesszük. Ezek azok a fizikai-chemiaiaknak nevezhető jelenségek, melyeket tapasztalni, ha az illető kristályt valamely oldószerrel vizsgáljuk, legyen ez a feloldás chemiai átalakulással kapcsolatos, vagy nem. E jelenségek mindig biztos eredményre vezetnek és segítségökkel minden lehető kristályosztályt fel lehet ismerni. Az első enemű vizsgálatokat *Leydolt*-nak köszönjük. Kvarcz- és aragonit kristályokat hig savakkal kezelt, a melyek megtámadják őket, és úgy találta, hogy lapjaikon mikroszkópi kicsinységű, sík lapoktól határolt gödröcskék keletkeznek, melyek formája szoros kapcsolatban áll az illető kristály szimmetriájával. Az oldószer tehát nem támadja meg a kristálylapokat egyöntetűen, hanem hatása olyannak tűnik fel, mintha az egész kristályból mint kőépületből egyes köveket leválasztana, illetőleg kiszakítana. Könnyen érthető, hogy *Leydolt* azt hitte, hogy e gödröcskék alakja megfelel a kristályt alkotó legkisebb részecskék alakjának. Ez a föltevés később tévesnek bizonyult, mert kiderült, hogy e gödröcskék, vagy, mint később elnevezték, *étetésbeli idomok* alakja nem marad változatlan, ha más oldószert alkalmazunk. Különösen *Becke* mutatta ki, hogy chemiailag különböző, ellentétes természetű oldószerek azonos kristály lapokon oly étetésbeli idomokat fejlesztenek, a melyek — bár mindig ugyanazon szimmetriaviszonyokat tükröztenek elő — formai tekintetben némileg ellentétesek. Az étetésbeli idomok egyelőre tehát csak arra taníta-

nak, hogy valamely kristályfelület egy pontjából kiindulva a feloldás, illetőleg a chemiai hatás különböző irányban, különböző gyorsasággal halad a kristály belseje felé. De a gyorsaságnak ez a különbözősége hódol annak a szimmetriának, a melyet a kristály képvisel s ezért vagyunk képesek étetés segítségével valamely kristálynak szimmetriáját meghatározni, tehát melyik osztályba való tartozását eldönteni. A hexaéder lapjain pl. a szerint, a mint a szabályos rendszer más-más osztályába tartozik, más-más étetésbeli idomok hozhatók létre, a melyek mindig megfelelnek az illető osztály szimmetriájának (11. ábra *a, b, c*). Az étetés-

beli módszerről e Pótfüzetekben egy ízben volt már szó, azért bővebb magyarázat helyett e czikkre utalunk.*

Még mielőtt az étetésbeli jelenségeket behatóbban tanulmányozták s így mintegy a kristályok anatómiáját iparkodtak megállapítani, már megelőzően foglalkoztak egyesek a kristályok molekuláris felépítésével. Az erre vonatkozó első nézetet úgy lehet tekinteni, mint a Haüy-féle elmélet továbbképzését. De la f o s s e, Haüy-nek egyik tanítványa, átalakította mesterének elméletét (1845) az által, hogy a kristálymolekulákat egyszerűen anyagi pontoknak tekintette, illetőleg csak súlypontjaikat vette tekin-



11. ábra. Étetésbeli idomok. *a* kősó-kristály étetésbeli gödröcskékkal. *b* Szilvin-kristály étetésbeli idomokkal. *c* Pirit-kristály természetes rostozással.

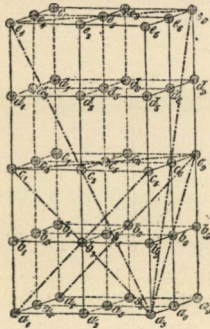
tetbe, de egyébként, úgy mint Haüy, a hasadás fontos jelenségéből indult ki. Egyszerű megfontolással arra az eredményre jutott, hogy a kristálymolekulák egymással egykőző és egymástól egyenlő távolságra eső síkrendszerekben helyezkednek el, még pedig egy-egy molekula három ily sík metszőpontjába, vagyis, hogy térbeli hálózatot, ú. n. *térrács*-ot alkotnak (a 12. ábra pl. egy szabályos testnek a térrácsozatát tünteti fel). A különböző kristálylapok, melyek az ötvörvény, illetőleg a racionális tengelymetszések törvénye szerint egy kristályon lehetségesek, mind ú. n. síkrácsoknak felelnek meg, azaz a térrácsnak oly pontjain haladnak keresztül, a melyek egy síkban

feküsznek, tehát összevágó parallelogrammok szerint elhelyezkedő rácsozatot alkotnak. Különböző fekvésű lapokon e parallelogrammok is különböző nagyságúak; minél kisebbek, annál sűrűbben vannak tehát a kristálymolekulák. Mint-hogy fel kell tételeznünk, hogy a molekuláris erők, a melyek a kristályok képződésekor működnek, lehetőleg kisebbíteni iparkodnak a kristályok felületét, következ- zik, hogy legkönnyebben oly kristálylapok- nak kell keletkezniök, melyekben a molekuláris rácsozat a legsűrűbb, vagyis fordítva: a kristályokon leggyakrabban és leg-

* Dr. Zimányi Károly, A kristályok szimmetriája és az étető módszer. Pótfüzetek 1900. 11. lap.

nagyobb kiterjedésben előforduló lapoknak olyanoknak kell lenniök, a melyekben a molekularácsozat különösen sűrű. Mivel továbbá az ilyen lapoknak megfelelő síkrácsok legmesszebb állanak el egymástól (a 12. ábrában a kocka lapjainak megfelelő síkok), ennél fogva e síkok szerint fogunk a kristályokon hasadást tapasztalni. E következtetéssel a tapasztalat valóban gyakran egyezik.

Ez elmélet következetes kifejtését Frankenheim-nak és különösen Bravais-nek (1850) köszönjük. Ők mutatták ki, hogy a térrácsozatoknak csak 14 fő-fajtája lehetséges, a melyek szimmetriaviszonyaik szerint 6, illetőleg 7 cso-



12. ábra. Tér-rács.

portra oszlanak s ezek megfelelnek a 6, illetőleg 7 kristályrendszer leg-szimmetriásabb osztályainak. Bravais, hogy a többi, kevésbbé szimmetriás osztályokat is értelmezze térrácsozat tekintetében, kénytelen volt föltételezni, hogy ez osztályokban már magok a kristálymolekulák alacsonyabb szimmetriájúak, jöllehet egy magasabb szimmetriájú rendszer szerint vannak elhelyezkedve. Ha Bravais-nek ezt a második hipotézisét nem akarjuk elfogadni, le kell mondanunk arról az alapföltevéseről, hogy az egyes kristálymolekulák egymáshoz képest mind egykőzű állásúak. Sohncke eljette ezt az alapföltevést s csak abból a

tételből indult ki, hogy a kristálymolekulák elrendezkedése, a kristály homogeneitásának megfelelően, minden egyes molekula, mint központ körül azonos. Az ezen föltevéssel levezetett lehetséges szabályszerű elrendezéseket *szabályszerű pontrendszereknek* nevezte el. Ezek lényegileg több egymásba helyezett összevágó térrácsból állanak; maguk a Bravais-féle egyszerű térrácsok a Sohncke-féle pontrendszerek egyes különös esetei. Sohncke (1876) elméletileg 65-fajta pontrendszert vezetett le, a melyek szimmetriaviszonyaik szerint a 32 lehetséges kristályosztály közül 24-gyel egyeznek. Csak a többi 8 osztályban volna szükséges pótlásul magoknak a kristálymolekuláknak a szimmetriáját csökkenteni.

Sohncke azonban ezt is iparkodott elkerülni és föltételezte, hogy egy kristály nemcsak összeillő, egymásba helyezett pontrendszerekből állhat, hanem oly szisztemákból is, a melyek csak tükörképileg azonosak, vagy pedig chemiaialag eltérők.

Fedorov és Schönfliess is állított fel elméletet a kristályok szerkezetére vonatkozólag, a mely mind a 32 osztályt magában foglalja és némileg ellentéte a Sohncke-énak; ők t. i. föltételezték, hogy a kristályok általában kétféle, tükörképileg azonos részecskékből állanak és csak egyes osztályokban fordul elő, hogy csak egyféle ilyen részecskék alkotják a kristályt. Nem akarok itt belebocsátkozni annak a megítélésébe, vajjon a Sohncke-féle bővített elmélet, vagy a Fedorov és Schönfliess-féle-e a valószínűbb; mindenesetre fontos eredmény, hogy a kristályok formáinak törvényszerűségét és változatosságát úgy szólván pusztán magából a strukturából le lehet vezetni. A Sohncke-féle elméletből is következik, hogy általában egy kristályon azok a formák fejlődnek ki különösen, a melyekben a molekulák

sűrűsége a legnagyobb ; de, ellentétben a Bravais-félével, következik az is, hogy a leggyakoribb kristálylapoknak nem kell egyúttal okvetetlenül a legjobb hasadásbeli lapoknak lenniök (mert a szabályszerű pontrendszernek molekulákkal legsűrűbben ellátott síkjai nem állanak el egymástól mindig legtávolabban) és ez néha megegyezik a tapasztalattal.

Bravais és Sohncke elméletéből, mint látjuk, a valamely kristályon levő lapok viszonylagos gyakorisága és kiterjedése, továbbá azon molekuláris szerkezet között, a melyet az illető anyagra nézve fel kell tételeznünk, szoros kapcsolat van, úgy, hogy, nagyszámú kristálytani megfigyelésből kiindulva, a hasadás és oldás tekintetbe vételével, lehetséges egyes esetekben az illető anyagok molekuláris szerkezetét, illetőleg térrácsozatát, pont-

rendszerét levezetni. Ezzel tulajdonkép megfeleltünk arra a legelső fölmerült kérdésre, hogy t. i. mi az oka az egyes kristályosodott testek sajátos kristályalakjának, illetőleg a rajtok levő kristálylapok különféleségének.

Az ez irányban haladó vizsgálódásnak feladata megfigyelést megfigyeléshez fűzni, és a már meglevő vizsgálatok eredményeit kritikailag megrostálni. Az elénk tűzött célt nem közelíthetjük meg spekulációval, akármily szellemesnek lássék is: csak ha sohasem csüggedve folyton dolgozunk. A cél, hogy kielégítő feleletet adjunk arra a kérdésre, hogy mi a kapcsolat az anorganikus természetű testek anyaga és formája közt, általános jelentőségű és a kristálytani és mineralógiai kutatás egyik végső és legnagyobb feladata.

Fordította és ábrákkal ellátta:
DR. MELCZER GUSZTÁV.

TERMÉSZETTUDOMÁNYI MOZGALMAK.

A többszárjúság egyik gyakori esetéről. Az *Euphorbia* génusz két fajan, az *Euphorbia platyphylla* L. és *Euphorbia helioscopia* L.-n a csíra-ikreknek alkalmi előfordulása már régóta ismeretes. E csíra-ikrek keletkezése az egyik synergid-sejt tovább fejlődésére, illetőleg csirává alakulására vezethető vissza. Más szempontokból kell azonban ezt a jelenséget az *Euphorbia dulcis* Jacq. fajra nézve tekinteni, melynek vizsgálatával Hegelm a i e r F. foglalkozott. A tanulmányozás céljából tenyésztett növények magvainak körülbelül harmada rendes alkotású volt, azaz a csíratömlő csúcscrésztében egy csíra volt található, ellenben a többi magvakban egynél több (2—9), rendes, vagy szabályellenes alkotású csíra volt. Csakis a petesejtől keletkező csíra látszott rendesnek, melynek 4-sejtű és fonálszerű csírafüggesztője (suspensor)

volt. Ez a petesejteredetű csíra az, mely érett magban mint legnagyobb, vagy az egyedüli csíra fejlődik ki; a többi csíra tenyészteti (adventív) úton keletkezik és vagy nuczelláris sarjadzásból, vagy pedig a synergid-sejtekből ered. A csíratömlőnek leginkább legvégső csúcscrésztében található nagyobb számú elcsenevészedetten fejlődő csírákat, melyek gomoly-szerűleg egyesültek; ezek a magrügyszáj (mikropyle) táján szemölcsalakú nuczelláris sarjadzásból keletkeznek és alapjokon összenőnek egymással, vagy pedig csupán szoros érintkezésben vannak együtt.

F. Hegelm a i e r-nek sohasem sikerült pollentömlőt találnia a nucellus csúcscrésztében, nemkülönben enövénynek összes hím szervei tetemes csökkenést árultak el, a mennyiben a cyathium-ok hím virágaiban, valamint porzóikban is szám-

beli csökkenés ismerhető fel. A portokok üregeiben a legtöbb pollen rosszul van kifejlődve, melyek a tökéletesen fejlődőtektől jóval apróbb méretökkel, cytoplasma-hiányokkal, valamint sejtfaluk alakjával és szerkezetével különböznek. A pollenek a bibére való jutása állatok vagy szél közbenjárásával jóformán kivolt zárva. Mindezek arra a következtetésre indítanak, hogy ez a jelenség ez *Euphorbia*-fajon fejlődésbeli úton állott elő, föltéve, hogy nem vált valóságosan apogam-parthenogenetikussá, a mi egyelőre nincsen bizonyítva.

A megvizsgált sok más *Euphorbia*-faj a csíraiker-képződésnek újabb esetét nem eredményezte, a különböző korú magrügyekben és magvakban csak egy csíra volt; e mellett a virágzatok hím részei bőven és tökéletes minőségben ki voltak fejlődve. Ezek szerint a hím szervek hiányos kifejlődése meg a többcsíráság (polyembryomia) között okozati kapcsolat tételezhető fel, mely esetben az első a correlatív viselkedés indító okául tekinthető.

SCHILBERSZKY KÁROLY.

A Röntgen-sugarak hatása egyes szervezetek protoplazmájára. Bizonyos szervezetek (*Paramaecium*-ok, *Daphnia*-k) a Röntgen-sugarak iránt negatív tropizmust árulnak el. A *Paramaecium* plazmaműködésének jelenségei bizonyos változáson esnek át, mely a plazma sérülése, vagy legalább is működésbeli kimerültségeként fogható fel. Erre vall az üröcskék (*vacuola*) összehúzódásának a ritkulása és a *systole* meglassúdása, továbbá a nagy magvaknak életökben való megfestődhetése (a mi mesterségesen előidézett kimerültség esetében is bekövetkezik), végül a gyakran tökéletesen abbamaradó *cyklose*. A *Bryopsis*-on hasonlóképen bekövetkezett a plazmában végbemenő áramló jelenségek meglassúdása. (Zeitschrift für allgemeine Physiologie. 1902.)

SCHILBERSZKY KÁROLY.

Szénhidrátok átalakulása a datolya csírázása közben. A datolya magfehérjének oldódásbeli övében, valamely enzim hatására, mint a hydrolysis terméke mannose, galactose, dextrose és fructose keletkezik. A csíranövény első tápláléka gyaníthatólag a nádcukor; későbbben a csírába mannose és galactose vándorol, mely, hasonlóképen mint az invert-cukor, az epithel-sejtekbe való lépése után nádcukorra változik. A csíra paizsocskájában (*scutellum*) 44%^o-ig van nádcukor, száraz anyagsúlyban mérve. A nádcukor vándorlása közben a rügy felé halad a nélkül, hogy átmeneti keményítővé invertálódnék.

A maláta-diaztase és a datolyamag fehérje-enzym között Grüss J. különféle megegyezéseket talált; mindkettő hatással van az α -mannan-ra, melyet előbb mannin-ra, azután mannose-re változtatnak. Mindkettő hat a galactan-ra (*traganth-ból*), melyet galactin-ra, később galactose-re alakítanak. Keményítőre a maláta-diaztase erősebben hat, mint a datolya-magfehérje enzim-je. A tartalékos cellulose-t mind a kettő roncsolja.

SCHILBERSZKY KÁROLY.

A fény hatása a mohok, páfrányok és surlók spóráinak csírázására. A magvak csírázásának körülményeit már régóta közelebbről és részletesen vizsgálták. Jóllehet e kutatások mind gyakorlati, mind elméleti szempontból szép eredményre vezettek, a mag csírázásával nagyon közelről rokon kérdés, t. i. a mohok és harasztfélék spórái csírázásának módja sok időn át egészen figyelmen kívül maradt.

A múlt század 60-as éveiben Borodin véletlenül vette észre, hogy sok páfránynak és mohfajnak a spórái, ellenében a felsőbb rangú növények magvaival, sötétben veszítenek csírázó erejükből. Később az ide vágó irodalomban találunk erre vonatkozó véleménye-

ket, melyek részben megerősítik B o r o d i n állítását, részben pedig megcáfolják. 1892-ben F o r e s t H e a l d igyekezett az ellenmondásokat kiegyenlíteni; csak-hogy, szerinte, meglepő a dologban az, hogy a mohok, a harasztok meg a surlófüvek spóráinak csírázásbeli körülményei nem azonosak, hanem eltérők; más szavakkal: F o r e s t H e a l d szerint e három növényosztálynak csírázását illetőleg úgy szólván külön fiziologiája van. Ez annál inkább érthetetlen, mivel a mohok és a harasztok spórái nemcsak morfológiailag tökéletesen megegyezők, hanem szerkezetük és, a mennyire eddig ismerjük, kémiai összetételük is meglepően hasonló.

Ez okból S c h u l z N. kívánatosnak tartotta F o r e s t H e a l d kísérleteit megismételni és kibővíteni, annál inkább, mivel a harasztok és surlók spóráival keveset foglalkozott ez irányban. Vizsgálatainak eredményeit a következőkben foglalhatjuk össze :

1. A mohok, harasztok és surlók spórái csupán világosságban csíráznak.

2. E szabály alól csak egyes páfrányok tesznek kivételt, melyek a típusos páfrányoktól más biológiai tulajdonságaikban is különböznek; ilyenek pl. a *Ceratopteris thalictroides*, az *Ophioglossaceák* és a vízi harasztok.

3. A világosság a mohok meg a harasztok spóráinak azért szükséges, hogy megkapják az asszimilálásra és a növekedésre való ingert, mivel sötétben nemcsak a spórában felhalmazott táplálóanyagok maradnak odatlanul, hanem a már előbb oldódott anyagok is felhalmozódnak.

4. Különféle megkísérlett ingercek egyike sem helyettesítheti vagy pótolhatja a fény hatását. Csupán a *Ceratopteris* esetében volt a fény hatása látszólag a fokozott hőmérséklettel helyettesíthető.

5. Czukoroldatban a mohok spórái csírázni látszanak; csakhogy ezt a tete-

mes keményítő felhatmozódástól okozott növekedést és a spórának erős felduzzadását nem lehet a közönséges körülmények között végbemenő csírázással összehasonlítni.

6. A surlók spórái sejtek, melyek nincsenek nyugalmi állapotban és nincsenek bennök tápláló anyagok. Ezért nincsen a világosságra, mint különös ingerre szükségök, hanem a széndioxid asszimilálása céljából, tehát a spóra táplálása végett vannak a világosságra utalva.

SCHILBERSZKY KÁROLY.

A nővirágok fejlődéséről a diófa-félék családjában. A *Juglans nigra* magrügyében a petesejt és a synergidsejtek három sejtmag körül képződnek, melyek a csíratömlő csúcscrészeiben a megtermékenyítés előtt nem különböztethetők meg egymástól. A *Juglans nigra* és *J. regia* csíratömlőiben a két sarki magnak egybeolvadása csíratömlő-maggá nem következik be, vagy pedig csak későn; e magvak egyikének a pollentömlő egyik generatív magjával való egybeolvadása elegendő arra, hogy mindkét sarki magot magfehérjeképződésre indítsa. Az ellenlábás sejtek keletkezése a rendes módon megyen végbe. Főleg ez alapon igyekszik K a r s t e n a *Juglandaceák* családját és vele együtt valamennyi zárvatermő virágos növényt (Angiospermae) a *Gnetum gnemon*-tól származtatni. L o t s y szerint e faj csíratömlőjének alsó része tömör előtelepszöveggel van kitöltve, melyet K a r s t e n H. a zárvatermők ellenlábás sejteivel helyez párvonalba. A *Gnetum gnemon* csíratömlőjének felső részében sok szabad sejtmag van, melyek később részben petesejt módjára viselkednek, részben azonban a megtermékenyítés után az említett előtelephez csatlakozó magfehérjészövegté alakulnak. E magfehérjemagvak a zárvatermők sarki sejteivel, illetőleg a csíratömlő magjával helyezendők párvonalba. A zárvatermők petesejt-

magjának és az egyik sarki magnak, vagy a csíratömlő magjának megtermékenyítése megfelel a *Gnetum gnemon* megtermékenyítésének, mely legalább két petesejt-magra szorítkozik. A két sarki mag egybeolvadása, a mennyiben egyáltalában bekövetkezik, tenyészeti folyamat. Rendszertani szempontból *K a r s t e n* a *Juglandaceák* családját a zárvatermők legalsóbb rendű csoportjának tekinti és ezen fölfogást igazoltnak látja, a mennyiben ebbeli felfogásában a *Juglans regia*, *J. nigra*, *J. cordiformis*, *Pterocarya fraxinifolia*, *Carya amara* és *C. tomentosa* fajokon tett vizsgálatai megerősítették.

Gyakori eset, hogy a magrügyben két egymás mögé helyezett és tenyészeti szövetel elválasztott csíratömlő fordul elő. E jelenség *K a r s t e n* szerint egy kezdeményében terjedelmes sporogén szövet jelenlétére vall, melyből azonban csak kevés sejt jut tökéletes kifejlődéshez. A pollentömlő valamennyi *Juglans* és *Pterocarya*-fajon a külső magrügyburkon keresztül jut a magrügyalap belsejébe.

SCHILBERSZKY KÁROLY.

A hideg és az érzéstelenítő szerek hatása a táplálkozásra és a szaporodásra. *D u b o i s* R. már évekkel ezelőtt kimutatta, hogy az érzéstelenítő szerek az élő anyagra vagy bioproteinre lényegileg a vízelvonás útján hatnak. Ezt a számos kísérlettel bizonyított igazságot most az étherre, chloroformra és alkoholra vonatkozólag *Stefanowska* kissasszony ismét számos pontos megfigyeléssel támogatta. Nemcsak az érzéstelenítő szerek tudják a bioproteint vízteleníteni, hanem ugyanily természetű a hideg és a meleg is.

Az érzéstelenítő szerek és a hideg hatása tehát némileg megegyezik, mivel a kettő egyaránt idéz elő bizonyos ideiglenes antisepsist, lappangó életet, anaesthésiát, s mindkettő vízteleníti a bioproteint. Ez az elmélet már elhagyta a

tiszta tudomány mezejét és átlépett a gyakorlati alkalmazás terére.

Ezelőtt a mesterséges virág- és gyümölcsstermesztők a fejlődés hátráltatására a hideget használták, s a növényeket mintegy mesterséges teelésre kényszerítették. Ez eljárás nehézkessége és drágasága volt az oka, hogy ez a kertészeti fogás nem igen terjedt el. 1893-ban *Johannsen* dán tanár megmutatta, hogy a gyakorlatban az éther-párak teljesen helyettesíthetik a hideget. Utána számosan igazolták e tényt.

A mesterséges megtermékenyítésben is meglepő a hatás hasonlósága.

Ismeretes, hogy olyan tengervízben, melyhez bizonyos semleges sókat tettek, néhány tengeri állat petéje parthenogenesisre birható, noha más körülmények közt e jelenség nem tapasztalható; *Mathios* tüskésbőrűek meg nem termékenyített petéin éther, chloroform és alkohol segítségével barázdálódást idézett elő. Nem rég *Greely* észlelte, hogy muló lehűtéssel a még nem termékenyített peték is továbbfejlődésre birhatók.

Mind e tények igazolják *Dubois* régebbi állítását, hogy a hideg és az érzéstelenítő szerek hatása közösen alapszik.

(Comptes Rendus de l'Acad. des Sciences 1902.)

Dr. D. Z.

Energia-felszabadulás oxigén nélkül. Tudvalevő, hogy az élő szervezetek az életjelenségekhez okvetetlenül szükséges energiát testök protoplazmájában chemiai energia alakjában halmozzák fel. Hogy az így felhalmozott chemiai helyzeti energia-készlet életjelenségeket idézhessen elő, a szervezeteknek azt először mozgásbeli energiává kell átalakítaniok. E bonyolult átalakító folyamatokat *dissimilatio* néven szokás összefoglalni. A dissimilatiónak három módja ismeretes, ú. m.: a lélekzés, a fehérjebontás és az erjedés. A baktériumok két csoportjának: az obligát és fakultatív anaerób baktériumoknak kivételével, melyekben a chemiai

helyzeti energia oxigén jelenléte nélkül fehérjebontás és erjedés által alakul át mozgásbeli energiává, az összes többszervezetek a testökben felhalmozott energiát lélekzés által szabadítják fel. Lélekzésen olyan oxidálásbeli folyamatot értünk, melyben a sejt szerves anyagának egy része a légköri oxigén közrehatására a gőzgép szénjéhez hasonlóan elég, mely alkalommal a szerves anyaghoz kötött energia felszabadul. Az energia-felszabadítás ezen módja annyira általános, hogy az életbúvárok alapigazsággként hirdetik, hogy lélekzés és oxigén nélkül, az ú. n. anaerob baktériumokat nem tekintve, növényi és állati élet nem lehetséges. Bunge és Weinland vizsgálati eredményei azonban most arra vallnak, hogy aránylag magas szervezetű élősködő férgek, nevezetesen különböző gerinces állatok belében élő s az *Ascaris*-nemhez tartozó bélgiliszták oxigén nélkül is élhetnek.

Bunge már 1883-ban észlelte,* hogy a bélnedvben nincsen mennyiségileg meghatározható oxigén s hogy a macska bélcsövéből származó fonalférgék (*Ascaris*) teljesen oxigéntelen 10%-os konyhasó oldatában 4—6 napig élnek és teljesen normálisan, élénken változtatják helyüket. Weinland számos bélgiliszttal megismételte Bunge kísérleteit s mindenben megerősítette.** Ő mindenképp megállapította, hogy az élősködő férgek általában glykogénben igen gazdagok, így a további kísérletekben használt, disznó beléből származó bélgilisztták (*Ascaris lumbricoides* L.) teste átlag 20—34%-ot tartalmazott. Éhezéskor a glykogén tete-

* Ueber das Sauerstoffbedürfniss der Darmparasiten. Zeitschrift für physiol. Chemie, 8. kötet. 1883. 48—59. oldal.

** Ueber Kohlehydratzersetzung ohne Sauerstoffaufnahme bei *Ascaris*, ein thierischer Gährungsprocess. Zeitschrift für Biologie, 42. kötet, 1901. 55—90. oldal.

mesen csökkent, a cukrok és zsírok pedig nem használódtak el említésreméltó mennyiségben. Ezután Weinland az anyagforgalmat vizsgálta meg pontosan és arra az eredményre jutott, hogy kifőzött, teljesen oxigéntelen konyhasó-oldatban tartott bélgilisztták naponként 100 g testsúlyra 0.7 g glykogént és 0.1 g cukrot bontottak el és ennek megfelelően 0.4 g széndioxidot és 0.3 g valeriansavat választottak ki. Így tehát a glykogént nem széndioxidra és vízre bontották, mint a többi szervezetek, hanem széndioxidra és még oxidálódásra alkalmas valeriansavra. A bontás termékeinek az elbontott szénhidrátokhoz való viszonya azt bizonyítja, hogy a bélgiliszta testében a vázolt folyamat nem égés-, hanem valószínűleg olyan igazi erjedési folyamat, mint a melyet a baktériumokon már régóta ismerünk. Weinland-nak legújában* sikerült a bélgilisztták testéből a Buchner-féle préselő eljárással olyan nedvet kapni, mely a glykogént *fermentative* széndioxidra és valeriansavra bontja.

A jelen esetben tehát az állati testen belül szénhidrátból széndioxid és zsírsav (valeriansav) állott elő. Hasonló folyamat az állati testen kívül baktériumhatás következményeképp, pl. eczetsav-alkohol erjedéskor, régóta ismert jelenség. Ha a szénhidrátok illetően chemiai bontását energetikai szempontból vizsgáljuk, úgy találjuk, hogy az így felszabaduló energia a szénhidrátoknak vizet és széndioxidot eredményező teljes elérésekor keletkező energiának maximálisan csupán 1/4-ét teszi. A tápláléknak ilyen rossz kihasználása természetesen csak az olyan szervezetekben lehetséges, melyeknek. a táplálónedvben mintegy fürdő bélgiliszttákhoz és élesztő gombákhoz hasonlóan, óriási

* Ueber ausgepresste Extrakte von *Ascaris lumbricoides* und ihre Wirkung. Zeitschrift für Biologie, 43. kötet, 1902. 86—111. oldal.



mennyiségű táplálék áll rendelkezésükre és melyekben a melegképződés is a minimumra szorítkozhatik.

W e i n l a n d vizsgálatainak általános élettani érdekek is van, mert világosságot vetnek a többi szervezetek oxidációs folyamataira. A bélgilisztákon észlelt energia-felszabadítás valószínűvé teszi V o i t nézetét, hogy a szabályszerűen léleklző szervezetekben is először nem oxidáció, nem bontási, hanem erjedéshez hasonló folyamatok játszódnak le, melyeknek termékeit a szervezet a környező levegőből felvett oxigén közrehatásával tovább oxidálja, égeti. A bélgiliszták életében ez utóbbi oxidáció folyamat teljesen hiányzik, mert egyrészt nincs meg a hozzá szükséges oxigén, másrészt pedig az erjedési folyamat útján felszabaduló kis energiamennyiség is teljesen elegendő az életjelenségekhez. A bélgiliszták s velők valószínűleg a többi élősködő férgek bámulatosan alkalmazkodtak tehát a külső körülményekhez, annak újabb bizonyítékául, hogy a szervezetek működésbeli alkalmazkodása nemcsak az egyes szervek alakja és működése közti észrevehető viszonyra szorítkozik, hanem — mint R o u x tanítja — a protoplazma legfinomabb életjelenségeire is kiterjed.

Dr. GORKA SÁNDOR.

Egyes villámok és a koherer. A múlt évben lefolyt zivatarok alkalmával beható érdeklődéssel tanulmányoztam a Boggio-Lera-féle zivatarjelző készülék viselkedését a villámok iránt.

E műszert már több hazai és külföldi folyóiratban ismertették,* ezért a leírását bizvást mellőzhetem.

* »Természettudományi Közlöny« : Elektromos zivatarjelző-készülék. Szalay Lászlótól. 1901. XXXIII. 296. »Gaea« 1901. XXXVII. 546. lap ; »Das Wetter« XVIII. 1901, p. 133; »Meteorologische Zeitschrift« 1901. XVIII, p. 139.

Zivatarokat megfigyelve, úgy vettem észre, hogy a koherer helyi zivatarok alkalmával egyes villámok iránt érzéketlen. E körülmény arra indított, hogy e tapasztalatomat behatóbb vizsgálat tárgyává tegyem és meggyőződjem helyes, vagy helytelen voltáról.

Kísérleteimet oly módon rendeztem be, hogy a villámokat és a zivatarjelzőt egyszerre és egyidőben figyelhessem meg. E célból a megfigyeléseket a szabadban kellett végezni s a műszer jelzőjéhez vezető drótokat szintén ehhez szabni.

Az eredmények tapasztalataimat megerősíteni látszanak, a mennyiben több zivatarban pontosan ismétlődtek; úgy látszik tehát, hogy a koherert nem minden villám okozta elektromos hullámok teszik vezetővé. Ebből a tapasztalatból folyólag állíthatom, hogy a légkörben végbemenő elektromos kisülések közül — egy bizonyos határon belülieket értve — csak azok szólatatják meg a koherert, melyek *éles és határozott körvonalakkal* tűnnek ki, legyenek bár lecsapó, vagy felhő és felhő között kigyóyszerűen végigfutó villámok; ellenben minden pamatszerű kisülés, ha mindjárt a zenitben támad is (tehát nagy közelben), fellobanó elektromosságával nem kelti a kohererben a leírt hatást.

Kitűnt az 1902. augusztus 3-iki, 10-iki, 15-iki, 17-iki és 20-iki zivatar alkalmával, hogy a műszer 1—4 órával a kitörés előtt, bár az égbolt felhőtlen volt, nyugtalanul viselkedett, a mivel a légkörben a már végbemenő elektromos kisüléseket jelezte, s egyúttal a nagy távolságok iránti érzékenységét igazolta.

Valóban csodálatos, hogy e műszer a nagy távolságokban végbemenő kisülések iránt mekkora érzékenységet tanúsít, minthogy a kisüléseket akkor is jelzi, mikor az égbolt felhőtlen; ezzel ellentétben annál különösebbnek tűnik fel a koherer olyatén viselkedése, hogy a helyi

zivatarok némely villámai érzéketlenül hagyják, jóllehet érzékenységének a zivatarok közeledtével a villámok erősségétől csak növekednie kellene.

E megfigyelésekből arra lehetne következtetni, hogy nagy távolságokra csak magas feszültségű villámok juttatják érvényre a Hertz-féle hullámokat, ellenben a kis feszültségű villámok, a melyeknek a területi villámokat szoktuk tekinteni, nem alkalmasak eszikrák előidézte hullámoknak nagy távolságban észrevehetővé tételére. Ámde e föltevés valószínűsége ellen szól az a körülmény, hogy a drótnélküli telegrafozásban alkalmazott parányi szikra elenyésző feszültségével hatását az óceánon át is érezhetővé tudja tenni.

E jelenség tisztázására nem marad más hátra, mint folytatólagos vizsgálatokat végezni és erre némely tagtársunk figyelmét és közreműködését is felhívni.

SZALAY LÁSZLÓ.

A »zöld« napsugárról. A tengeren utazók Nap keltekor és Nap nyugtakor néha sajátságos jelenséget vesznek észre, a mely abban nyilvánul, hogy a Napnak valamely része $\frac{1}{2}$ —1 másodperczig zöld fényben ragyog. E jelenséget a következők írják le.*

Derült időben, átlátszó levegőt és éleszemű megfigyelőt tételezve föl, a szemhatárnak azon a pontján, a hol a Nap reggel fölkel, röviddel a Nap előtünése előtt, smaragd színű zöld lángocskát venni észre. Hasonló és épen annyira muló tüneményt tapasztalni Nap nyugtakor is, mikor a Nap pereme már a szemhatár alá merült. A tünemény, az úgymondott »zöld sugár«, a trópusokon és a trópusi vidékeken jóval gyakoribb, mint a mérsékelt égöv alatt, a hol a levegő nem eléggé tiszta és nem mindig kellően átlátszó.

Dr. Julius utrecht-i tanár behatóan

tanulmányozta a zöld sugár jelenségét és egyik indiai utazásán részletesen megfigyelte.

A jelenséget rendszeren abból az ismeretes tényből magyarázzák, hogy a légköri sugártörés a szemhatár fölött levő csillagokat látszólag $\frac{1}{2}^0$ -kal feljebb emeli, minek következtében fölkelésök több perczel koraiabb, lenyugvásuk pedig ugyanannyival később. Minthogy a leáldozó Nap sugarait a levegő megtöri, ettől gyenge fényszóródás is keletkezik. Ha egyszer a Napnak vörös és sárga fénye eltűnt már, a napperem zöld és kék fénye világít még. Valóban több megfigyelő tanuskodik arról, hogy a leáldozó Nap »zöld sugara« végre kéknek látszott.

Dr. Julius ezt a magyarázatot nem tartja kielégítőnek, minthogy a különböző színű sugaraknak a levegőben való törésére felállított törvény alapján végzett számításából kitűnt, hogy a »zöld sugár« jelensége $\frac{1}{10}$ másodpercznél nem lehetne hosszabb, a mi pedig nincs úgy. Ezért az eddigi magyarázatot a következőleg módosítja.

Bizonyos körülmények közt vannak olyan színes sugarak is, melyeket a fénytörő test még az ibolyaszínű sugaraknál is jobban eltérít útjokból, a mikor tehát valamely szín a rendes látható színeknek egyik, vagy másik végén túlra is eltérítetik. A fizikusok ezt a sajátságos jelenséget anomális színszórásnak mondják. Ha tehát valamely átlátszó test olyan tulajdonságú, hogy teljesen határozott színű sugarakat nyel el, és a színeknek azon a helyén fekete csíkot, vagyis elnyelésbeli vonalat okoz, viszont az ilyen testből álló prizma olyan tulajdonságú, hogy az említett csíkkal közvetlen szomszédságban levő, tehát a hiányzó színtől alig különböző színeket a közönséges színekben túlra veti, még pedig annál távolabbra, minél kisebb e színek távolsága az elnyelő színtől.

* Meteorologische Zeitschrift 1902. 7. füz.

Tudvalevő, hogy a levegő nitrogénje és oxigénje is fénynyelő anyag; a tőlük elnyelt sugarak zöld-kék színt alkotnának, ezért e gázoknak sugártöréskor, rendkívül erős fénytörést tételezve fel, szükségképen a »zöld sugár« néven ismert jelenséget, mint a felkelő Napot megelőző és a lenyugvó Napot kísérő fénycsóvát kell előidézniök.

Ez röviden Dr. Julius elmélete a »zöld sugárról«, melyet újabban Franklin, Adams, Pickering, Nijland, Chabot és F. Exner is megfigyelt és leirt.

A növények növése az ionok járta talajban. Sokszor állították már, hogy a növények növekedése gyorsítható, ha elektromos energiát juttatunk nekik, és erre a célra költséges berendezést is tettek volt; de viszont azt is állították, hogy a fák, ha nagyfeszültségű elektromossággal töltött elektromos gyűjtőket visznek közelökbe, megsérülnek, vagy el is hálnak.

Az amerikai Harvard-egyetem növénykertjében az 1901. évi október havában érdekes kísérleteket végeztek a növények növekedése és az elektromosság közötti kapcsolat megállapítása céljából. A kísérletekből általános következtetés nem vonható ugyan, de az alább közöltek eléggé megokoltak.

Ha valamely közegnek platina-, vagy szénelektrodái közt elektromos áram halad keresztül, és a közegben a *Lupinus albus* magvait csiráztatják, a magvakat az anód közelében már a 0·003 ampèrenyi, vagy az erősebb áram 20, vagy több óra alatt mindig előli; a kathód közelében levő magvakat többnyire alig érte bántalom, sőt csirázó erejük bizonyos föltételek közt látszólag növekedett. A 0·5-től 500 voltig terjedő minden feszültségű árammal kísérleteztek és arra is ügyeltek, hogy hőhatás ne jelenkezzék. Az elektromos hatás legjobban nyilvánult

akkor, ha a magvakat vízben csiráztatták és rövid időre erős áramot vezettek át a vizen. Ilyenkor az anód közelében levő magvak elhaltak, a kathód közelében levők pedig észrevehetőleg meg nem sérültek. Ha az áram ekkor is 20 vagy több óráig hatott, a magvak az elektródok közt mindenütt elhaltak, még ha 0·003 ampèrenyi és 2 volt-nyi, vagy nagyobb feszültségű volt is az áram.

Ha a magvakat közönséges homokos talajba tették és így vezették át az áramot, az eredmény az anódon ugyanaz maradt, de jóval hosszabb idő kellett, hogy a káros hatás a kathódon észrevehetővé váljék. Valóban, a míg az áram erőssége körülbelül 0·08 ampèrenél nem nagyobb, észrevehető, hogy a plánták fokozódó sebességgel növekednek.

E jelenségeket a következőleg lehet magyarázni: Valahányszor két pontnak az elektrolitban különböző potenciálja van, az oldatban levő szabad ionok mozgásának iránya mindannyiszor meg van szabva, és ha a potenciálkülönbség elegendő nagy, az elektrolit továbbra is disszociálódik. Az anionok negatív elektronjaikkal az anód, a kationok pedig pozitív töltésekkel a kathód felé mozognak. Minthogy az ionok mozgása az oldatban aránylag lassú, föl lehet venni, hogy az anód mellékén csekély többlet van a pozitív ionokból, a mely úgy keletkezik, hogy a pozitív elektród a negatív ionokat mihamar semlegesíti. Hasonló módon szórja a kathód a pozitív ionokat a maga közelségébe, és ezért kevés negatív ion-többlettől van környékezve. Minél lassabban haladnak az ionok az elektrolitban, annál nagyobb a különbség a két elektród környékén.

Alkalmazva e megfontolást a leirtuk kísérletre, kitűnik, hogy az anód környékén levő állapotok a növényi protoplazmát ellensúlyozzák, és hamar megölik, ellenben a kathód melléki állapotok a

protoplazmát nagy közön belül ingerlik. Ezen felül szükséges az is, hogy az atómok disszocziálása és az ionok elektromos szétválása a két elektród mellékén chemiai természetű kisebb különbségeket is okozzon. Ám ezeknek a chemiai eredetű különbségeknek a hatása az elektródok közelében aligha jöhet számba a növényt illetőleg, és bizonyára olyan pontokon sem vehető számba, melyek a két elektród közt a fele úton vannak. Vegyük figyelembe továbbá, hogy a magvak, ha olyan különböző savak, bázisok vagy sók oldatába helyezzük őket, a melyeknek töménysége jóval az »ölo pont« alatt van, épen úgy tovább csiráznak, mint a közönséges desztillált vízben. Ha most ion-űző áramot vezetünk keresztül, az anód közelében levő rész a növényi életet szétrombolja. Nyilvánvaló, hogy inkább az ionok elektromos töltése az, mely e hatást okozza, mint az atómoknak merőben chemiai hatása.

E következtetés támogatására szolgálják a következő adatok :

1. Ha virágcsuport, melyben 4 hét óta növe Lupinus van, aránylag nagy potenciálra (500 volt) töltünk meg, a növény növekedése megszűnik, duzmadását lassanként elveszti és végre elhal. Ha a töltés negatív, e jelenségek nem tapasztalhatók, és a növény ingert kap. Világos ebből, hogy az első esetben a negatív ionok a talajban a pozitív elektród felé vonzatnak, a pozitív ionok pedig a növény felé üzetnek ; ellenben a második esetben a pozitív ionok a negatív elektród felé és a negatív ionok a növény felé haladnak.

2. Ha a plánta vizes talajban növekszik, melyet gyenge áram jár át, a gyökerek vége az anód felé fordul. Kísérletet tettek a végből, hogy kimutassák a hasonlóságot e mozgás és a gyökérvégeknek a vízsugár ellenében való »fölfelé« irányuló fordulása közt. E hason-

latosság azonban jelentéktelen, minthogy az elektrólitban az ionok mindkét irányban haladnak.

Ha megvizsgáljuk a föltételeket, melyek közt a gyökerek a vizes talajban nőnek, úgy találjuk, hogy a gyökereknek az anód felé fordított oldalát a negatív elektródhoz haladó pozitív ionok árama éri, ellenben a kathód felé fordított oldal az anód felé vonuló negatív ionok hatását érzi. Ennek következtében a gyökereknek a kathód felé fordított része növekedéssel gyarapszik, az anód felé fordított rész pedig növekedésében fel van tartóztatva, ezért azután a gyökérvégek szükségképen az anód felé fordulnak. A közönséges talajban levő palántákon ez az elhajlás még jobban észrevehető. A növény főtengelye nem egyszer majdnem 90^o-kal hajlik el a talaj színe alatt. A hajlás mindig az anód felé és a kathódtól el van fordulva, függetlenül attól, vajjon az elektródok benne vannak-e az áramkörben, vagy pedig elszigetelten állanak.

Általában véve, a növény elektropozitív azzal a talajjal szemben, a melyben növekszik. Ugy látszik, hogy a feszültségi különbség függ a növény fiziológiai aktivitásától. A növény pozitív töltése a talaj negatív ionjait a gyökerek felé vonzza. Olyan látszata van a dolognak, hogy a talaj folytonosan negatív elektronokat juttat a növénynek, s hogy a növény élettevékenységének ez a természetes föltétele. Ennek következtében azt lehetne várni, hogy valamely körülmény, mely ezt az elektromos kicserélődést megkönnyíti, a növényre jótékony, az ellenkező körülmény pedig káros hatású.

Szóval, a kapott eredmények arra utalnak, hogy a negatív töltések a Lupinus albus csirájának protoplazmáját ingerlik, a pozitív töltések pedig közönytűsítik. (Physikalische Zeitschrift, 1903. évf. 7. sz.)

Fényérző galvan-elemek. Ilyen elemek két-két vörös rézlemezből készülnek, melyeket a B u n s e n-féle lámpával való melegítéstől sötétbarna oxidréteg von be. Melegítéskor vigyázni kell, hogy a két lemez oxidálása lehetőleg egyenletes legyen; teljes azonosság a gyakorlatban el nem érhető ugyan, de a csekély különbség alig tesz számot. Az így elkészített lemezeket valamely halogén só, például konyhasó oldatába mártják bele; az egyik lemezt a fény ellen sötét (enyvezetlen) papirossal vonják be, a másik lemez pedig arra való, hogy oxidált réteget a fény érje. Ezután az elem áramkörébe galvanométert kapcsolnak. Eleinte a rézlemezeknek egyenlőtlen oxidálása miatt gyenge áram keletkezik, a mely azonban csakhamar megszűnik.

Ha ekkor a be nem burkolt lemezt erős fénynek teszzük ki, tapasztalni fogjuk, hogy a galvanométer erős kiütést ad. Ha a föltételeket megtartjuk, de a két lemez működését fölcsereljük, szintén kiütést kapunk, még pedig az ellenkező irányban.

Könnyű meggyőződni, hogy a keletkező áram ereje függ a fénysugarak erőségétől és a fénysugár érte felület nagyságától. Napfényen az elem ereje 60—70 milli-volt is lehet, a mi épen nem kicsinylendő. Az elem számának növelésével a készülékkel igen nagy érzékenységet lehet elérni, és a fényerősség olyan ingadozásairól is tudomást szerezni, a melyekről látó érzékünk mit sem tud; ez utóbbi annál könnyebb, mert a kicsiny áramingadozásokat telefon segítségével hallhatóvá is lehet tenni.

A jelenség magyarázata egyszerű. Az áram forrása az a kémiai feszültségi különbség, melyet a megvilágítás a két lemez közt előidéz. Minthogy a két lemezt egyenlő nagy oxidréteggel bevonni nem sikerül, a kettő közt már eleve cse-

kély kémiai feszültség van, mely a hamar megszűnő gyenge kezdeti áramok útján kiegyenlítődik. Ha ez megtörtént, a fény veszi át az áramadás munkáját. Az áramgerjesztés nem közvetlen, hanem közvetett; ugyanis a fény a fény érte felszínen az oldattal egyetemben kémiai változást idéz elő, a mi könnyen kimutatható, mert, ha a fény sokáig éri a lemezt, e lemezről zöld rézchlorid-pelyhek válnak le, a betakart lemez pedig változatlan marad. Az így keletkező kémiai feszültségi különbség azután galvánáramot indít meg.

Figyelemre méltó körülmény, hogy oldatul csak halogén só használható. Ennek megértésére talán az a körülmény szolgálhat, hogy fényérző kémiai vegyületek első sorban a halogén sók fémvegyületei közt találhatók, miként erről a chlór-, bróm- és jódezust is tanuskodik.

Ez a galván-elem nem mai keletű ugyan, de a nyilvánosság nem igen vesz róla tudomást, jóllehet a vele való foglalkozás bizonyára több gyakorlati eredményre vezethetne. (Naturwissenschaftliche Wochenschrift, 1902. évi 10. száma.)

L.

A fül érzékenysége a különböző hangok iránt. M. W i e n telefon segítségével meghatározta a fül érzékenységét és tapasztalatait a német természetvizsgálók mult évi karlsbadi ülésén terjesztette elő. Vizsgálataiból kitűnt, hogy az ép fül érzékenysége a legmélyebb és legmagasabb hangok iránt jóval csekélyebb, mint a középső hangok iránt.

A maximum másodpercenként 1000—2000 rezgés közt található, a 64 rezgésű hang izgatáshelye pedig több mint egy milliószor feljebb van, mint például az 1500 rezgésű hangé. A beteg fülön észrevette, hogy érzékenysége a magas hangok iránt nagyon megcsökkent. W i e n 0·01 ampèrnyi áramot járatott a telefonban, melyben a lemez amplitudóit mikro-

szkóppal vizsgálta és meg bírta határozni a fül abszolút érzékenységét is, azaz azon gramm-kaloriák számát, melyek egy-egy hangérezés keletkezésére szükséges energia-mennyiséget fejezik ki. Vizsgálataiból kiderült, hogy 200 rezgésre 6×10^{-16} gramm kaloria, 400 rezgésre 4×10^{-18} , 600 rezgésre 1.25×10^{-18} és 1050 rezgés előidézésére 4.2×10^{-20} gramm-kaloria kell.

A magasabb rezgésszámok abszolút meghatározása nem sikerült a telefonlemez saját rezgése miatt. A közölt számadatok mégis helyesek, mert jól egyeznek azokkal, miket lord Rayleigh régebben hangvilla segítségével kapott volt. (Naturw. Wochenschrift 1902. évi 10. sz.)

L.

A madarak vonulása és az időjárás. Ha a madarak vonulásának a meteorológiai viszonyokkal való kapcsolatát tanulmányozni akarjuk, igyekeznünk kell azt az időjárást megismerni, a mely azon a földrészeken uralkodik, a honnan a madarak elindulnak. Azon országok időjárása, a melyekbe érkeznek, vonulásukkal kapcsolatban ninçsen.

Tanulságos az összehasonlítás a londoni meteorológiai intézet adatai és az Angolországban megfigyelt madárvonulás között. Kiténik belőlök, hogy a vonulás és az időjárás között szoros kapcsolat van.

Tavaszzal és ősszel, bizonyos kedvező időpontokban, a költözködés folytatólagos és szabályos, s ha ilyenkor a levegő egy kissé meg is kavarodik, ez a költözködőket nem érinti, de, ha az idő nagyon változóvá válik, vonulásukat valamiképp meggyorsítják.

Mindazonáltal az idő bizonyos állapota döntő hatással van a vonulás siettetésére, vagy késleltetésére. A határozottan rossz időjárás a vonulást lehetlenné is teheti, az ilyen rossz időszakot követő kedvező időjárás pedig a madara-

kat elindulásuk gyorsítására birhatja. Általános lehelés a déli tájak elérésére ösztökéli őket s ilyen fagyhullámok az anticiklónos periodusokat szokták kísérni, a mikor a szél gyenge s a hosszú repülésnek igen kedvez. A hőmérséklet a legfontosabb tényező: hozzája alkalmazkodik az egész vonulás, a többi meteorológiai körülmény csak ezután jön tekintetbe.

A Brit szigeteken az észak-keletről haladó és szeptember végétől november elejéig tartó őszi vonulások tisztán az időváltozás hatása alatt állanak. Rendes időben ezt az időszakot tömeges elköltözködés jellemzi; nemcsak több faj, hanem a fajokon belül rendkívül sok egyén is vesz abban részt. Megállapították, hogy mind ezek a nagy költözködések az Európa északnyugati részében uralkodó s a vonulásnak kedvező légköri körülményektől függnék. E körülményeket a depresszió olyatén eloszlása okozza, hogy a Skandináv-félszigeten nagy anticiklón van, a mely gyenge fokozással délnyugatnak, az Északi-tenger felé terjed, a Brit szigetek nyugati részeiben pedig ilyenkor ciklónos időszak uralkodik, a melynek alacsony nyomású középpontja Irland nyugati partjának szélességében, de többször még inkább délnek fekszik. Az e ciklónos állapotot követő lehelés a másik indító ok, a mikor is óriás tolongás tapasztalható dél felé, mihelyt az idő kedvezőre fordul.

A depresszió gyenge hullámai nem terjeszkednek mindig az Északi-tengerig és a költözködők rossz idővel találkozhatnak, még mielőtt a partokat elérték volna, ha a nyugati ciklónos idő Angolországot felette közelről éri, vagy ha a depresszió kivételesen mély: a keleti partokon erős szelek dühöngnek és a madarak utazásuk utolsó részletét rossz körülmények között teszik meg. Az őszi költözködés »keleti és nyugati« irány-

ban legtöbbször e hatások következménye. Természetes, hogy a leirt kedvező és kedvezőtlen föltételek között még közbenső szakaszok is vannak, melyek hatását könnyen meg lehet ítélni.

A tavaszi nagy vonulásokban szintén azok a madarak vesznek részt, melyek kedvező depressziók között vannak, a mely körülmények az őszi vonulásnak is nagyon kedveznek. A madarak vonulására kedvező időszakokat, valamint ősszel, úgy tavasszal is határozottan kedvezőtlen időjárás követi.

A szelek fontosságát a madarak vonulásával kapcsolatban nagyon túlozzák. A szelek iránya közönytűnek látszik, de erejük megakaszthatja a vonulást, vagy pedig útból elsodorhatja a madarakat. Nem is vonulnak a madarak, mikor a szél kivételesen erős, de az irányára éppen nem figyelnek. Igaz, hogy bizonyos szelek (a keletiek) a nagy vonulások idejében majdnem szakadatlanul uralkodnak s eddig úgy tekintették őket, hogy a vonulást elősegítik. De az nem úgy van; hanem azt lehet mondani, hogy e kedvezőeknek vélt szelek a vonulásnak kedvező depresszió eloszlásának csak közvetlen eredményei.

A viharok minden esetre meg birják akasztani a vonulást; sőt a tengeri madarak bizonyos fajait útból ki is zökkenhetik, s így történik, hogy néha e madarak az angol partokon jelennek meg. A magas depressziókat kísérő ködös időben számos madár hévvel megy neki a világítótoronyok fényének s életét veszti, vagy tökéletesen megzavarodik. (Revue Scientifique, 1902. 8. szám.)

GABNAY FERENCZ.

A varangyos béka mérge. Phisalix és Bertrand évekkal ezelőtt kimutatta, hogy a varangyos béka mér-

gének már igen kis mennyisége is megöli a leveli békát, mert idegrendszerét hűdötté teszi, és szívét systoleban megállítja.

Régebben sejtették már, hogy valami alkaloidszerű anyag lehet a hatás igazi okozója, de csak a legutóbbi időben sikerült e mérges anyagot tisztán előállítani. A varangy fejét desztillált vízbe teszik és fültövi mirigyéből kiszorítják a mérget. Ekként tejszerű folyadékot kapnak, mely porcellánszűrőn átszűrve és bepárolva, lassan két részre oszlik. A kevésbé oldódó rész hártya képeben a felszínre jut. Ez az anyag a *bufotalin*, mely a leveli békába oltva, a szív megállítását okozza. Tapasztalati képlete: $C_{119}H_{171}O_{26}$; vízben nem jól oldódik, hanem emulsió módjára oszlik el benne. Ilyen alakban használható oltásra.

A méregkivonatnak megmaradó részéből gondos eljárással egy másik anyagot is elő lehet állítani, a *bufotenin*-t, mely vízben jól oldódik s a leveli békába oltva, egész idegrendszere hűdését okozza.

Ujabbán Faust német buvár is foglalkozott a varangyos békák mérgeivel. Ő a lenyúzott bőrből alkoholos kivonatot készít és ebből választja ki a ható anyagokat. Eljárásának rossz oldala, hogy az alkohol a mérgen kívül sok más idegen anyagot is kiold a bőrből, melyek fertőzik a készítményeket. Ő is két anyagot talált a mérgegben, a bufotalint, és egy másik anyagot, melyet bufoninnak nevezett el. Erről Bertrand, 1400 varangyból 7 g-nyit állítva elő, kimutatta, hogy közönséges cholesterolin, melyhez némely tisztátalanság keveredett. (Comptes Rendus de l'Ac. d. Sciences. 1902.)

DR. DALMADY ZOLTÁN.

Megjelenik évenként
négy füzetben, há-
romnagy nyolczadrét
ívnyi tartalommal;
időnként szövegközi
ábrákkal illusztrálva.

PÓTFÜZETEK

TERMÉSZETTUDOMÁNYI

KÖZLÖNYHÖZ.

ÉV NEGYEDES FOLYÓIRAT.

E folyóiratot a tár-
sulat tagjai évi 2 K.
ráfizetéssel kapják;
előfizetési ára, a Ter-
mészettud. Közlöny-
nyel együtt, 12 K.

XXXV. KÖTETHEZ.

1903. ÁPRILIS

2. PÓTFÜZET.

A fajkeletkezés elméletének fejlődése.

Ámbár a fajok keletkezésének kérdésével már akkor foglalkoztak, mikor a fajok állandóságának dogmáját, melyet Linné és követői vallottak, a közös őstől való származással cserélték fel: a kérdés mégis csak Ch. Darwin-nak »A fajok eredeté«-ről szóló műve megjelenésével (1859.) került általános tárgyalásra. J. B. Lamarck »Philosophie zoologique« művét, mely 1809-ben jelent meg s igen szépen fejtegette, hogy valamennyi állat egyszerűbb, régibb formáktól származott, *örökölt változékony*ság alapján, vagy új külső hatások alatt új tulajdonságokat öltve: úgy szólván elfelejtették s Lamarck nézetei, minthogy nem is világosította meg őket eléggé, nem érvényesültek általánosan.

Ch. Darwin a kérdést említett munkájában a bizonyítékok és példák egész özönével támogatta; sőt az okokkal is foglalkozott, melyek a fajok keletkezésében közreműködnek. Az *öröklékenység*, a *változékony*ság és a *természetes kiválogatódás* az a három tényező, melylyel Darwin az új fajok keletkezését magyarázza. Az öröklés szerinte nemcsak arra terjed, hogy a szülők alakja, színe stb. ismétlődik az utódokon, hanem arra is, hogy a *véletlenül szerzett tulajdonságok* és változások is örökölhettek. E változások kezdetben csekélyek, de egy-egy változás a nemzedékek során erősbödhetik, végre faji bélyeggé emelkedik s így valamely törzsalak körében több különféle alak keletkezhetnek. Ezek az alakok azonban nem maradnak meg valamennyien, mert némelyek változásai nem hasznosak, tehát ezek a *léleért való küzdelemben* azokkal szemben, melyek új tulajdonságai czélszerűek és hasznosak, gyengébbek s így elesnek, elpusztulnak, vagyis a megmaradt fajok a természetes kiválogatódás eredményei.

Milyen hatása volt Darwin említett művének, tanúsítja a hozzá fűződő irodalom. Voltak vak ellenesei, a kik meg sem értették, de voltak méltánylói is elegenden, a kiknek gondolkodása megtermékenyült hatására s az idők folyásában új gondolatok, új irányok keletkeztek nyomán.

Folytonosan akad új megfigyelés és tény is, melyet nem lehet megmagyarázni a régi elmélettel. Ezért más magyarázatát keresik a körülöttünk zibongó élet sokféleségének.



Friedrich Dreyer tanulmányát és tapasztalatait már bemutattam folyóirataink olvasókörenek.* Legyen most szabad fölvennem az akkor elejtett fonalat, mert van azóta sok más, új és nagyon megfontolásra méltó tapasztalat a faj problémája körül.

Richard Wettstein bécsi professzor, ki két évvel ezelőtt Braziliában járt, ott azt tapasztalta, hogy az oda vitt európai növények, mint például a barack- és meggyfák, vagy tölgyek Braziliában azonnal alkalmazkodnak az új hazához, már első évben sem hullatván le leveleiket; ellenkezőleg, leveleik bőrszerűvé válnak s néhány évig a fán maradnak, mely így »örökzölddévá válik«. Az Európában *egyéves* len (*Linum usitatissimum* L.) Brazília forró éghajlatában elfásodik és *évelővé válik*. A nálunk közönséges nadálytövet (*Symphytum*) ott nagyban művelik, de ott annyira elváltozik, hogy Wettstein kezdetben reá sem ismert.

Ez s ehhez hasonló tények és tapasztalatok valószínűvé teszik, hogy a növények általában is egyenesen tudnak alkalmazkodni a viszonyok megváltozásához s maga Wettstein is ezt a következtetést vonja tapasztalataiból.** Semmi kétség, — úgymond — hogy ez a »közvetetlen alkalmazkodás« lényeges alakképző hatalom is lehet, melyről föltehető, — különösen ha még szélesebbkörű tapasztalatokkal bebizonyul — hogy nagyon is versenyezhet a darwinisták természetes kiválogatódásával.

Nagyon érdekes tehát, hogy az állatvilágban ugyanazon alakképző tényezőre bukkantak. Mert ugyancsak hasonlót állított Ernst Koken, tübingeni palaeontologus, a német természettudósok és orvosok hamburgi vándorgyűlésén 1901-ben, támaszkodva nagyszabású összehasonlító csonttani vizsgálatokra, melyeket kihalt emlősökön végzett.*** »A palaeontologus — úgymond — lépten-nyomon talál bizonyítékot, hogy a »léttért való küzdelem« és a »természetes kiválogatódás« sok esetben nem lehet egyedüli oka a fajok változásának.« Bizony sok ilyen bizonyítékot tud felhozni. Hogy csak egyet említsek, a mellékelt két ábrára hívom fel olvasóim figyelmét. Az egyik a *Scelidosaurus Harrisoni Owen*, a másik a *Stegosaurus unguatus Marsh.* néven ismert őskori gyíkot ábrázolja. Az előbbi a régebbi, az utóbbi a későbbi alak, tehát az uralkodó nézet szerint az előbbi őse az utóbbinak. Egyik leglényegesebb különbség közöttük azon hatalmas csontokból álló háttaréj, mely különösen a fiatalabbat, a Stegosaurust valószínűleg szörnyeteggé teszi. Ez a csonttaréj Darwin magyarázata ellen szól. Darwinnak a természetes kiválogatódásról szóló tanítása szerint

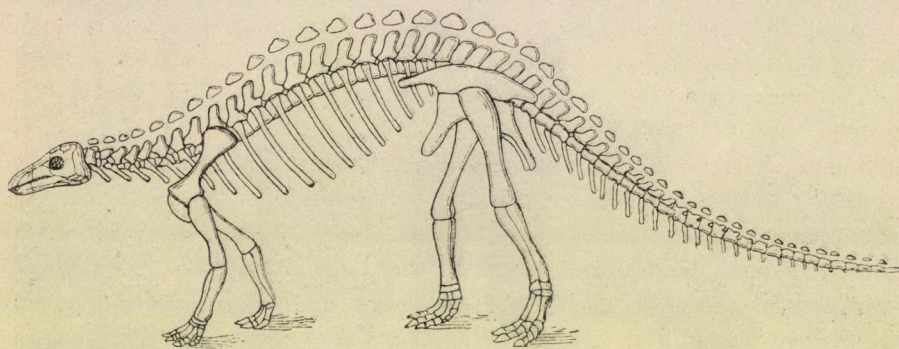
* Francé Rezsó, A természetrajzi faj problémája. (Pótfüzetek 1901. április. 49. lap.)

** R. v. Wettstein. Über direkte Anpassung. Wien. (Gerold.) 80. 1901.

*** E. Koken, Paläontologie und Descendenzlehre. Jena. (Fischer.) 80. 1902.

ugyanis a létért való küzdelemben közönyös, vagy épen haszontalan képződmények nem maradhatnak meg a nemzedékek sorozatában: s mégis azt látjuk, hogy a hátgerincz fölött emelkedő, eredetileg kis hátlemezek (1. ábra) a [phylogenetikai fejlődés folyamán egyre nagyobbodnak, végre pedig olyan óriási lemezekké fajulnak (2. ábra), hogy egyenesen az állat kárára vannak, mert súlyukkal nehézkessé teszik, jóllehet kezdettől fogva sem könnyebbitették meg az állatnak a megélhetést. Más esetekben ki lehet mutatni, hogy egyes állatfajok, mikor helyi körülmények miatt más életmódra kényszerülnek, testalakukkal, végtagjaikkal gyorsan alkalmazkodnak az új viszonyokhoz.

Ha ezek a tények arra utalnak, hogy mindenesetre van a természetben eddig nem méltatott tényező, mely ezt a bonyolult élő világot körülöttünk megalkotni segített, másfelől a bíráló gondolkodás is egyre több kétséget nyilvánított a fajkeletkezésnek Darwin magyarázta elmélete



1. ábra. *Scelidosaurus Harrisoni* Owen csontváza az angol liasrétegekből. $\frac{1}{36}$. (K o k e n szerint.)

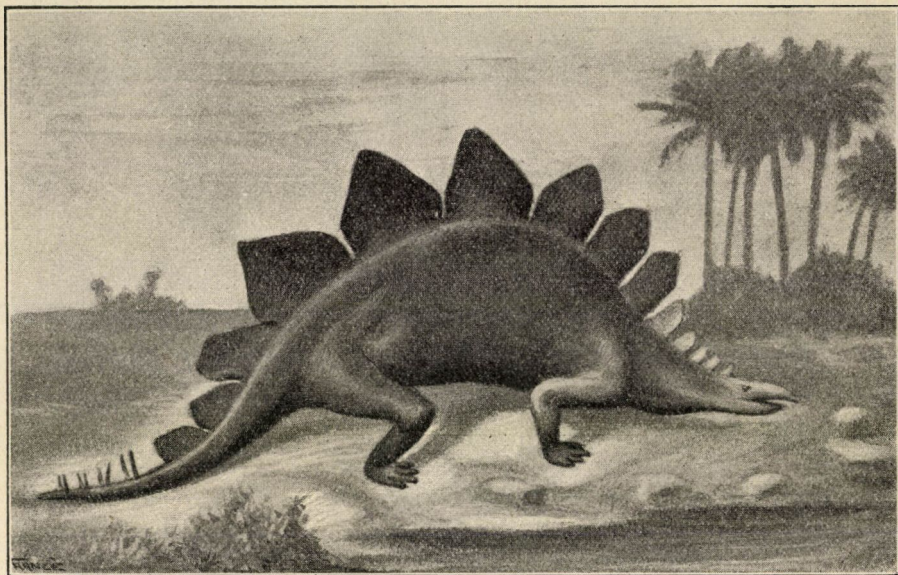
ellen. Nevezetesen azt mondták, hogy a míg be nem bizonyítják, hogy a létért való küzdelemben szerzett tulajdonságok valóban átmennek az utódokra, mindig ingadozó marad a talaj, melyre az elmélet épült.

Az elmélet sorsának forduló pontja az lett, vajjon sikerül-e kíséreltetileg meggyőződni, hogy a szerzett tulajdonságok átöröklődnek. Nyilvánvaló, hogy teljesen közönyös maradt egyelőre, milyen módon szerzik az élő lények új tulajdonságaikat; természetes kiválogatódás útján, egyenes alkalmazkodással, vagy mindkét módon, avagy még más úton is.

Max Standfuss, svájci tanár, sok évig behatóan tanulmányozta a lepkék variálását, azon módszerre támaszkodva, melylyel előtte Dorfmeister, Weismann, de különösen Ernst Fischer nagyon érdekes eredményeket értek el, nagyfokú hideg és nagy meleg alkalmazásával.

Fischer volt az első, ki azt tapasztalta, s utána számosan, mint pl. Standfuss, Frings, Fickert-Venus, Edwards stb. meg-

erősítették, hogy a nálunk is közönséges csalánylepke (*Vanessa urticae*) [l. a 3. ábrát] igen lényegesen eltérő színnel és mustrázattal kel ki a bából, ha a rendestől eltérő hőmérsékletnek teszszük ki, legyen az akár hideg, akár meleg. Így pl., ha néhány hétig körülbelül $+2^{\circ}\text{C}$ -on tartjuk a bábokat, a kikelő lepke szárnyai a felső oldalon sokkal sötétebbek, alsó oldalukon világosabbak mint a törzsalaké, ha pedig csak néhány napig $+35 - 38^{\circ}\text{C}$. hőben tartjuk a bábokat, a lepke szárnyai fölül világosabbak, alul sötétebbek. Az előbbi éppen olyan, mint az északi sarkvidéken röpkedő *var. polaris* Stgr. (3. ábra, *b*), az utóbbi pedig azonos a Corsica és Sardinia szigetén meleg klímában élő *var. ichnusa* Bon.-el.



2. ábra. *Stegosaurus unguatus* Marsh. az amerikai felső-jurából (rekonstruálva). A háttarój csontlemezei egy méter magasak. (Hutchinson szerint.)

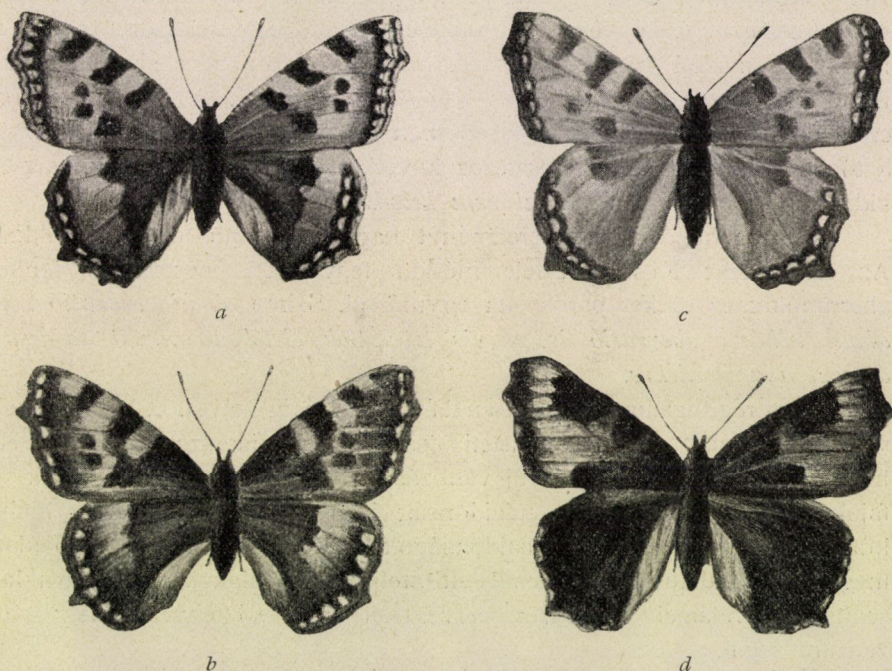
(Lásd a 3. ábrán *c*.) Ugyanezt észlelték számos más lepkén. Ezzel mindenesetre meg volt a bizonyíték, hogy az éghajlati viszonyok közvetlenül hatnak az állati szervezet kifejlődésére, hogy tehát ama szerep, mely a Föld fizikai állapotainak jut a fajprobléma magyarázatában, mégis nagyobb, mint Darwin, s kivált elméletét túlhajtó utanzói föltételezték.

Fontos következtetéseket enged meg Fischer* azon fölfedezése is, hogy erős hideg és nagy meleg ($-20^{\circ} - +46^{\circ}\text{C}$.) nemcsak ugyanazon

** E. Fischer, Temperatur-Experimente mit Schmetterlingen. Die Umschau, VI. évf. 284. 1.

változatokat teremt, hanem erősen eltérő alakokat is hoz létre, azokat, melyeket a szaklepkészek az annyira becsült *aberratio* névvel jelölnek. Így pl. a 3. ábrán (*d*) előtüntetett *aberr. ichnusoides* Selys-t mesterségesen úgy állíthatta elő, hogy a normális tóalak bábjait vagy -4 — 20° C. hidegnek, vagy $+42$ — 46° C. melegnek tette ki.

Fischer szerint e nagyon ritka, sokszor drágán árult és eddig rejtvényes aberrációk a természetben is hasonló módon keletkeznek, pl. azért, hogy a friss bábok véletlenül 3—10 óra hosszat Napnak vannak kitéve, vagy korai fagyos éjszakák hidegének.



3. ábra. *Vanessa urticae* L.; *a* a törzsalak; *b* a *Vanessa urticae* var. *polaris* (*connexa*) Butl.; *c* a *Vanessa urticae* var. *ichnusa* Bon.; *d* a *Vanessa urticae* aberr. *ichnusoides* Selys. (Valamennyi Fischer dolgozatából.)

Ez a tény adott egyszersmind alkalmat egy új gondolatra. Th. Eimer freiburgi tanár részben ismerte Fischer tanulmányait; maga is foglalkozott a tárggyal, igen szép, gondolatokban gazdag munkát is irt róla* s ebben mondja az annak idején valóságos vétek számba menő szavakat, hogy: *ez aberrációk a természet ugrásai — hirtelenül, egy csapással megváltozott alakok.*

* Th. Eimer, Orthogenesis der Schmetterlinge. Leipzig. 89. 1891.



Ezt akkor nem fogadták el; azonkívül az annak idején még furcsának tetsző vélemény mellékesnek is látszott ama nagy eredménynyel szemben, mely a lepke-aberrációk kutatásából kiviláglott, midőn sikerült velők kimutatni ama bizonyításra váró tétel helyességét, hogy szerzett tulajdonságok igazán átöröklődnek. S itt kezdődik *St and f u s s* érdeme.

St and f u s s eddig még utól nem ért széles alapon szerezte tapasztalatait, mert 1899-ig körülbelül 80,000 lepke esett tudásvágyának áldozatául, mint írja ő maga.* Megismételte *F i s c h e r* összes kísérleteit, meg is erősítette őket, de nem elégedett meg velők, hanem sokféleképen változtatott módszerrel igyekezett a fajkeletkezés titkába behatolni. Így pl. keresztezte a lepkéket és sokféle hybrid alakot kapott, melyeket megint egymással házasított össze, mi által olyan nemzedéke is származott, a milyen a természetben sohasem fordul elő. A kísérletek végeredménye az lett, hogy a kísérletben használt lepkék nemző szervei a többszörösen ismételt keresztezés következtében elkorcsosultak, vagyis kiderült, hogy *keresztezés által nem keletkezhetnek új lepkefajok*.

Kedvezőbb és pozitív eredményt kapott azonban az aberrációkkal. Az előbb leirt *F i s c h e r*-féle módon tenyésztett mesterséges lepke-aberrációkat és ezeket párosította egymással. S ime *az új generáció közt akad néhány aberráció is, vagyis a szülők életében szerzett sajátosság átment a nemzedékre*.

Nem rég foglalta össze *St and f u s s* 28 évig folytatott kísérleteinek végeredményét,** melynek elméleti összegezése saját szavaival a következő: »Alkalmilag keletkező új változások által sohasem keletkeznek új fajok. Az újonnan szerzett tulajdonság igen gyenge lábon áll és hiába küzd a régi, megszilárdult tulajdonságok erejével. A sok generáció alatt megrögzött habitus okvetetlenül eltünteti az új alakulást, ha nem kél segítségére valamely idegen, a szervezeten kívül eső tényező, mely győzelemre segíti.«

E hatalmas tényezőknak *St and f u s s* a külső életviszonyokat tekinti. Szerinte a környezet az, mi az új alakok megmaradását segíti; ennek hatása alatt tudnak csak a szerzett tulajdonságok átöröklődni.

Hogy milyen ez öröklődés mechanizmusa, nem tudjuk; e tekintetben csak nézetekre és föltevésekre vagyunk utalva. *St and f u s s* erre igen szellemes elméletet állított fel, mely, nem tekintve hirdetőjének egyéni jelentőségét, magában is oly érdekes, hogy érdemes róla tudomást vennünk. *St and f u s s* azon feltevésből indul ki, hogy eredetileg minden sejt az egész szervezetet, illetőleg a fajtulajdonságokat

* »Gesamtbild der bis 1898 vorgenommenen Experimente, beschrieben von B. *St and f u s s* (Leipzig), 8^o. 1899.« című munkájában.

** A. *St and f u s s*, Zur Frage der Gestaltung und Vererbung auf Grund 28jähriger Experimente. (Leipzig) 8^o. 1902.

magában foglalja, de azon fokban, a mint a szövetekben specziálizálódik, elveszti a fajjellemeket, külön feladatának javára; csak a szaporodásra szolgáló sejtek, a sperma- meg a petesejtek, melyek nem alkalmazkodnak semmiféle külön célhoz, tartják meg az összes fajjellemeket s így természetesen a belőlök fejlődő új szervezet megint a szülők tulajdonságait birja. Mivel azonban minden átalakító külső hatás az egész szervezetet éri, a szervezetnek minden sejtjére, a csirasejtekre is hat és lehetővé teszi a szerzett tulajdonságok átöröklődését.

Igy tehát végre megoldódott ez a nevezetes probléma; a kísérlet bebizonyította 50 évvel a theoria megszületése után, hogy a darwinizmus egy sarkalatos állítása meg tud állni a kritika előtt.

Miután ez tisztázódott, megint előtérbe lép az azelőtt második helyre állított kérdés: milyen módon szerzik meg a szülők az új tulajdonságokat?

Már tudjuk az előbbiekből, hogy egyenes alkalmazkodással is változnak az alakok, hogy a külső körülmények nagy mértékben hatnak rájuk, mindenesetre sokkal nagyobb fokban, mint Darwin és követői föltételezték. Ime, az örökölt változékonyságot s a külső körülmények hatását megállapítva és elfogadva, a tudomány igen régi álláspontra, Lamarck álláspontjára tért vissza, azért az ő nevére is avatták, az új felfogást *neolamarckizmus*-nak nevezvén.

Egyik vezérférfia ennek a fejtegetéseink kezdetén említett Wettstein, a ki a német természettudósoknak mult évi Karlsbadban tartott vándorgyűlésén azt fejezte ki,* hogy *a lamarckizmus nem zárja ki a darwinizmust, sőt mintegy kiegészíti*, és arra a valóban kifogástalan álláspontra helyezkedik e tekintetben, hogy a természet jelenségei egyáltalán nem deríthetők fel egyféle magyarázattal, különösen a fajok keletkezése nem, melynek jelenségei olyan különbözőek, hogy a fajok bizonyára több törvény hatása alatt keletkeztek.

Wettstein neolamarckizmusa következő két tételen nyugszik:

1. Az egyén közvetlenül is tud alkalmazkodni és 2. hogy az ez úton szerzett tulajdonságok öröklékenyek.

Mindkét föltevés jó és való alapon nyugszik. Az elsőre nézve, mint említettük, maga Wettstein is szolgáltatott tényeket; az utóbbit Standfuss bizonyította be. De újabban a botanikában sem maradt példa nélkül. Igy pl. megfigyelték, hogy egyes baktériumfélékben mesterséges tenyésztéssel megváltoztatott körülmények közt bizonyos tulajdonságokat lehet előidézni, melyeket az utódok sem vesztenek el. A hírhedt *Bacillus prodigiosus* Cohn élénkvoros festőanyagot választ el (ez adott oly sokszor alkalmat a véres kenyérről vagy ostyáról való mesékre). Ha

* R. v. Wettstein, Der Neo-Lamarckismus. Jena (Fischer) 8^o. 1902.

agar-kocsonyán tenyésztjük, elveszti ezt a tulajdonságát és a következő nemzedékek is nélkülöznek. Még feltűnőbb ilyen tényről értesültünk Hansen dán tudóstól, ki 12 év lefolyása alatt folytatott tenyésztő kísérletekkel az iparban használt erjesztőgombákból (*Saccharomyces*) tenyésztett olyan alakokat, melyek nem teremnek spórákat és ezekből oly fajtát szaporított, melynek összes generációi spórátlanok.

A legdöntőbb bizonyítékokkal szolgált azonban a francia Armand Gautier, a ki egyenesen az alapul szolgáló kémiai alkatig követi vissza az alakok képződését s e tekintetben teljesen meglepő kilátást nyújt az a felfedezése, hogy minden fajtanak és alaknak bizonyos összetételű plazmája van, melynek kémiai megváltozása nélkül teljesen lehetetlen az alakváltozás.*

A fajképzés, a variálás szerinte tehát a protoplazma molekuláris szerkezetétől függ. S valóban van sok különös megfigyelés, mely csak ezen elmélettel érthető meg kielégítően. Így pl. a vér haemoglobinje minden állatnál más és más alakokban kristályosodik és más (habár alárendelt) tulajdonságai vannak. Sok esetet ismerünk, hogy az egyik állatot alkotó kémiai anyagok mérgesek, azaz halálhozók a másokra nézve. Ha madár tojásalbuminját valamely emlős véérébe oltjuk, azonnal kiválik a vesék által, azaz nem tud beleolvadni ez állatok plazmájába, mert specifikusan különbözik tőle. A juh vérszéruma mérges a kutyára nézve és beoltva véérébe, heves görcsöket okoz. Most értjük azt is, miért mérgezi meg a kigyók széruma a melegvérű állatokat.

»Mindez azért van, mert minden élő lény protoplazmája különleges összetételű« — úgymond Gautier — »s ha a molekulák kölcsönös viszonya megváltozik, akkor a protoplazma más táplálkozó módra szorul, és ezzel kapcsolatban változnak meg ezután az illető lény alakulásának viszonyai is.« Ez Gautier elmélete a fajképződésről.

Ezen elég különös nézetet azonban könnyen ki lehet próbálni. Mert ha a theoria áll és minden plazma specifikus, akkor kétféle élő plazma egyesítésével meg lehet változtatni a fajjellemeket. S valóban ott, a hol ez történik, megváltoznak az alakok. Ilyenféle változásokat kétféle módon létesíthetni: *pollen*, illetőleg *sperma* által és ivartalanul (a növényeknél) az úgynevezett *oltással*.

Hogy mesterséges termékenyítéssel lehet az alakokon változtatni, azt minden kertész tudja; hogy oltással is, minden szőlősgazda és gyümölcsfatulajdonos ismeri. A gyakorlatban már ősi idők óta kipróbálják Gautier elméletét jó sikerrel s ott csak annyiban szorul meg, hogy nem

* A. Gautier, Sur le mécanisme de la variation des êtres vivants. Paris 1886.

— Mécanisme intime de la variation des races. (Revue scientifique 1897.)

— Les mécanismes de l'hybridation et la production des races. (Revue de Viticulture. I. XVI. 1901.)

minden plazma, hanem csak bizonyos fokban hasonló, más szóval *rokon plazma* egyesül egymással. Ez egyesülést Gautier *coalescentia* névvel jelöli s azt állítja, hogy az oltás által való *coalescentia* sokkal hatalmasabb variálásbeli faktor, mint a keresztezés, mely csak fajról fajra, leginkább pedig csak egy faj varietásai közt érvényesül. Gautier egy tanítványa, Lucien Daniel, azonban oltással igen különböző nemeket is tudott egyesíteni, így pl. a paradicsomalmát és a paprikát, a répát és a káposztát, a *Chamomillát*, *Artemisiát* és a *Helianthust* egy növényen egyesítette, valamint a *Seseli*, *Peucedanum* és a *Daucus* genust is. S mi a legcsodálatosabb ezen érdekfeszítő kísérletekben, Daniel ismételten konstatálhatta, hogy ezen fajegyesülések utódai megtartották a szülők elváltozott jellemeit s ezzel *megvan a botanikában is a bizonyíték, hogy a szerzett tulajdonságok át is öröklődnek.**

Gautier a *coalescentia*ra is tud számos példát a már ismert tények sokaságában. Mert *coalescentia* áll be az ember szervei és a parazita mikrobák közt, minek következtében az utóbbiak az emberi szerveket átalakítják. Ide tartozik számos növényi betegség; így pld. a bábaszilva keletkezése az *Exoascus pruni* gomba hatása alatt, a golyóüszkös búzaszem képződése a *Tylenchus tritici* féreg által, a rózsza bedeguárja mint a *Rhodites Rosae* gubacsdarázs munkája; ide tartozik végre a szimbiózis mindennemű jelensége is. Sőt már Darwin is többszörösen megfigyelte, hogy egy rendes, zöldlevelű növényre oltott elfehéredett levelű ág a levélfehéredést az egész növényre kiterjesztette.

Igy tehát Gautier ép olyan elmés, mint jó alapokon nyugvó elmélete nagyon latbaeső a neolamarckizmus támogatásában, kivált Daniel érdekes eredményeivel.

Ha visszatekintünk a felsorolt újabb törekvésekre, azt látjuk, hogy akár a darwinizmus védelmére szorítkozott az illető bűvár, akár új utakon próbált az alakképződés titkába behatolni, mindig kivétel nélkül úgy találta, *hogy a kiválogatódás tana nem meríti ki az összes lehetőségeket s hogy vannak, hogy kell lenni más erőknek és törvényszerűségeknek, melyek az élő alakok kifejlődését szabályozzák.* Ez az elvitázhatatlan pozitív eredmény, mondhatnám a közös főnyereség, melyet az utolsó 40 év alaktani bűvárlata eredményezett.

Hogy milyen törvényben foglalhatók ezen még ismeretlen erők, arra nézve rendkívül ingadozók a vélemények, de a nézetek hullámlázó tengerében itt is nyilvánul valami főáramlat. Sok oldalról, egészen különböző álláspontból kiindulva és különböző szempontokból mérlegelve, egy

* Bővebbet tartalmaz erről Lucien Daniel munkája: *La variation dans la greffe et l'hérédité des caractères acquis.* Paris 1899.

pontban találkoznak a bűvárok, mind megállapodik ugyanazon rejtelmes ténynél és mindnyájan közös irányt kapnak. Ez a találkozó pont: *a variatio hirtelensége*.

Dreyer-ről irt tanulmányomban hangsúlyoztam, hogy Dreyer bizonyos, folytonosan erősödő variálási irányok létezéséről vélt meggyőződhetni, de ezenkívül talált egészen eltérő, az összefüggésből teljesen kiszakított alakokat is; Eimer egyenesen kimondja, hogy a pillangók aberrációi hirtelen ugrással, egyszerre, átmenet nélkül csapnak át egyik fajból a másikba s Gautier, kinek a német bűvárok nézeteiről nem volt tudomása, ugyanezen gondolattal barátkozik meg. Egyenesen azt mondja, hogy »a coalescentia jelenségei nincsenek alávetve azon törvényeknek, melyek a közvetlen alkalmazkodást, a természetes kiválogatódás, vagy az öröklődés folyamatait szabályozzák«. *Ez a coalescentia valami más principium és nem eredményez átmeneteket, hanem nagy ugrásokkal hirtelen változásokat*. Ő az első, ki hangsúlyozza, hogy vannak az állatoknak és növényeknek bizonyos variációik, melyek egy lökéssel, hirtelenül (ő a »brusque« kifejezést használja) képződnek. Így pld. vannak Aralia-félék háromhasábú levelekkel, melyek hirtelenül egyszerű leveleket fejlesztenek. A párizsi Luxembourg-kert rózsái közt hirtelenül megjelent egy rózsa kenderszerű levelekkel, melyet azóta a kertészek mint külön fajtát kultiválnak. Ha ilyen dolog ritkán történik és nem maradandó, akkor monstruozitásnak, teratologiai esetnek mondjuk, ha maradandó és feltűnő, akkor új faj képződik általa.

A környezet, az alkalmazkodás, a kiválogatódás sohasem hozza létre ez ugrásszerű változásokat.

II.

Azt hiszem, hogy sikerült az eddigiekben eléggé plasztikusan kiéreztetni olvasóimmal, hogy a fajkeletkezés elmélete kétféle pozitív irányban mozog. Az egyik a neolamarckizmusban talált elméleti fogalmazást, a másik pedig az »egy csapással való fajképződés« gondolatával, a mutató-elmélettel kezdte megbarátkoztatni a bűvárokat. Ez a gondolat az utolsó években mintegy a levegőben volt, mintegy csak várt alkalmas bizonyító anyagra, hogy kiléphessen a nyilvánosság kritikája elé.

A ki ismeri az emberi szellem történetét, tudja, hogy ez minden nagy fölfedezéssel így volt: a darwinizmussal is. Semmi sem esik le az égből; mindenkor megvannak az előjelek; itt is, ott is előbukkan valamely tapasztalat, mely nem vág össze az uralkodó nézettel, számos kísérlet jön létre a különös jelenségek magyarázatára, végre jön egy szintetikus szellem, mely közös szempont alá foglalja össze a szétszórt zavaros nézeteket és tényeket, ki céltudatosan egészíti ki a tapasztalatsor

véletlenül összetalálkozó hézagos lánczolatát és az ő nevéhez fűződik azután a nagy újdonság híre. Ilyen volt Columbus, Robert Mayer, Darwin, Edison, Röntgen esete, és ilyen a *mutatio-elmélet* megszületése is, mely most egyre inkább és mélyebben érdekli a tudományos világot mint a fajprobléma megoldásának egy, talán kor-szakot jelölő kísérlete.

Először volt egy javarészt elméleti hirdetője. S. Korsinszkij fiatal orosz botanikus jól érezte, hogy az uralkodó nézetek nem magyaráznak meg minden megfigyelt esetet s ezért nagy szorgalommal összeállított mindent, mit az irodalomban talált a vadon növő, de különösen a művelt növényeken megfigyelt új fajváltozatok tekintetében.* Ez összehordott nagy anyagból már meglehetősen láthatta, hogy nem az individuális változások összegezése alakítja az új fajt, hanem hogy az új varietás hirtelenül pattan ki a régiből. Részletesen tehát ugyanazon munkát végezte, mit Gautier kezdett meg. Összeállította a növekedés, a szárképzés, a virágzat, a levélalak variációit, a mint az irodalomban tükröződnek. Már ebből megállapíthatta, hogy kétféle variáció van: egyéni, mely folyton ingadozik, nem állandó, nem öröklékeny; s egy másik, melyet ő *heterogenezis*-nek nevez és mely úgy szokott jelentkezni, hogy egy anyanövény származékai közt egy, vagy néhány egyén egészen eltérő, és azonnal többé-kevésbé állandóan megtartja az eltérő jellemeket. Így pld. a közönséges szamócza (*Fragaria vesca*) indás növény, melynek földön heverő indáit minden kertész ismeri. Egy szép napon oly *Fragaria* keletkezett, melynek nem voltak indái és ennek származékai is nélkülözik az indákat. Ilyeneket lehet most gyakran a magkereskedőknél kapni. Általában véve azonban a heterogenezis ritka jelenség. Hogy mi okozza, erről a megfigyelt tények irodalmában ugyancsak keveset talált, de mégis arról vélt meggyőződhetni, hogy a külső körülmények kevés hatással vannak reá; a jó táplálkozás és jó ápolás csak a heterogenezis praedispozícióját teremti meg. Hová vezet, arról már több adat áll rendelkezésre. Megfigyeltek olyan esetet, melyben tökéletesebb növény jött létre, de olyat is, melyben hanyatló irányban változtatott a heterogenezis az eredeti alakon. Az sem került ki Korsinszkij figyelmét, hogy számos ilyen »spontan variáció« származékai gyengébb növények, melyek érzékenyebbek külső hatások, pld. fagy iránt és termékenységek megcsappant.

Megállapította, hogy a hirtelenül támadó új tulajdonságok többnyire, de nem mindig állandóan öröklékenyek és följegyezte végre, hogy nagyon sokszor az volt a tapasztalata, mintha a növények alakulásában két elv

* Német fordítása: S. Korschinsky, Heterogenesis und Evolution. Ein Beitrag zur Theorie der Entstehung der Arten. (Flora 1901. Ergänzungsband 86.)

küzdenegymással: az öröklés ereje és a variálás ereje, melyek változó győzelme szabja meg az utódok alakulását.

Ennyire tisztán látván, a szétszórt alkalmi megfigyelések összegzése után, legszebb reményekkel kecsegtetett az ezután következő, tulajdonképeni munka: az önálló, cél tudatos kísérlet és megfigyelés. Bele is kezdett, de akkor kivette a halál munkaeszközeit fiatal kezéből.

Szándékosan ismertettem részletesebben Korsinszkij nagyérdemű munkásságát, mert miből sem világott volna ki szebben és meggyőzőbben, mennyi előmunkálattal rendelkezett már a tudomány és hogy szinte természeti szükség és csak logikai következés volt az az elmélet, melynek megismerésével tájékozódhatunk a fajprobléma legutolsó és legmodernebb álláspontjáról.

Ez az elmélet Hugo de Vries, amsterdami tanár nevéhez fűződik.

De Vries tizenötévi szakadatlan kísérleteinek eredményét foglalja benne össze s velejében ugyanazt mondja mint Standfuss, mint Gautier, mint Eimer és Korsinszkij, sőt mint ezelőtt már a német zoologusok nesztora, Albert Kölliker is, ki sok évvel már »kis, de hirtelen variációkról« beszélt.

De Vries nem tudott azonban ez előhirdetőkről, mikor első eredményeit érte el; ő egyenesen csakis Darwin kritikájából indult ki. Megfigyelései arra utalják, hogy a növények variálnak ugyan, egyszer ebben az irányban, másszor másokban (miáltal sokszor az előbbi szerzemény elenyészik), nagyban azonban még sem változnak. Hogy a fajok nem maradnak meg minden időkre, annak oka nem abban van, hogy elváltoznak, hanem hogy a fejlettség bizonyos szakán kihalnak.

Ez a kiinduló pont, úgyszólván az axióma, melytől a többi következtetés függött. Ép ezért ezen a ponton kell a kritikát is érvényesíteni. S ezért nem szabad elhallgatnom — habár talán előterjesztéseim fonalát kissé megzilálja — hogy de Vries-től függetlenül, napjainkban egy másik biológus is erre a nézetre jutott. Ez az olasz Daniele Rosa,* ki a fajok kihalását a változásbeli képesség megcsökkenésének tulajdonítja. Szerinte minden szerv bizonyos irányban — ő úgy fejezi ki magát, hogy egyenes irányban — tud csak fejlődni. Ez a fejlődés vagy haladó, vagy hanyatló; e szerint tehát vagy új szervek képződnek, vagy a szerv tönkre megy. Ha most valamely lény (Rosa állatokról beszél ugyan, de a theoria vagy minden élő lényre áll, vagy egyáltalán nem áll) összes, változásra hajló szerveit »kifejlesztette«,

* D. Rosa, Die progressive Reduktion der Variabilität und ihre Beziehungen zum Aussterben und zur Entstehung der Arten. (Fordította H. B o s s h a r d t.) Jena. (Fischer). 1903. 80.

vége van alkalmazkodásbeli képességének ; addig eltengődik ugyan mint faj, míg kedvezők az életviszonyok, de a körülmények legkisebb változására nem tudván többé alkalmazkodni, kihal. Valóban megkapó e gondolat helyes volta — ha tudniillik a praemissa áll, azaz a fejlődés igazán egyenes irányú, mit bebizonyítani a kísérlet és nem az okoskodás feladata.

Rosa szerint tehát a tökéletes állat, mely lehetőleg sokféleképen alkalmazkodott már az élethez, legközelebb áll a kihaláshoz. A létért való küzdelem ebben nem is játszik nagy szerepet, mert, míg az állat rendelkezik »alkalmazkodó erővel«, addig kifogyhatatlan új »életmentő« tulajdonságok létrehozásában. E tulajdonságokból azután a létért való küzdelemben csak azok maradnak meg, melyek az *egyének* hasznára válnak akkor is, ha ezáltal a *faj* életrealitása szenved s így a *természetes kiválogatódás* Rosa szerint nem a fajokat tartja fenn — mint rendszeren állítják — hanem az *egyéneket!*

A végkövetkeztetés ebből az, hogy a fajok, mint olyanok, mulékonyak, ép úgy, mint az összes élet a földön; már azon okból is, mert egyszer be kell következni azon időpontnak, midőn az egész Földön elterjedt plazma mennyiségben kifogy a variálásbeli tehetség, vagyis »holt pontra« ér.

De Vries is ezt vallja. Egy mondatba foglalja össze egész elméletének alaphipothézisét: »Minden fajnak van kezdete és vége, ép úgy, mint az *egyének*.« * Születik, van fiatalsága, érett kora, végre meg is hal.

Nézzük most, hogy ezen az alapon miféle elméletet épít.

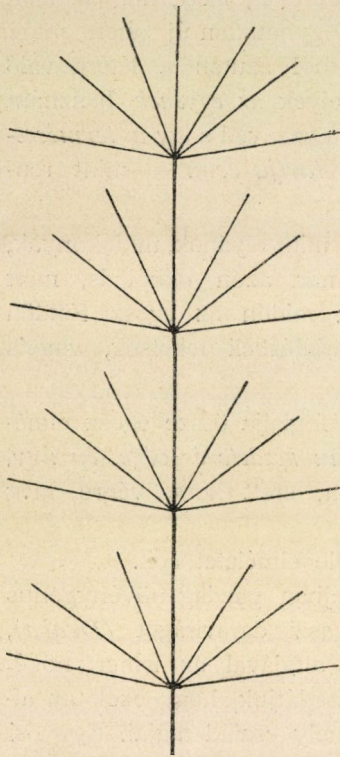
Ha emlékezetünkbe idézzük valamely fajban gazdag növénygenus rendszertani képét, például a közönséges tavaszi daravirágot (*Draba*), melynek csak egy faja, a *Draba verna*, 200 alfajával az ismert növények között alakokban talán leggazdagabb, azt látjuk, hogy ezek az alfajok úgy illeszkednek egymáshoz, mint valamely család tagjai. Egy ősi pár fiai többféle módon új családot alapítanak, ezek megint tovább ágazódnak el, a gyermekek egymással lépnek frigyre, egy szóval, megalakul az *egész törzsfu*, mely azonban egészében véve is csak *egy nagy egyénre* mint közös ősré vezethető vissza. Ilyen törzsfák »nagy fajok«, a Standfuss »explodált fajai«, vagy, mint a régi systematikusok nevezték, a »rendszertani ködfoltok«. A *Carabus auratus*, az aranyos futrinka, klasszikus példa erre. Ha valamely nagyobb rovargyűjtemény Carabusait megnézzük, az auratusok unalomgerjesztő sokaságát látjuk; minden

* H. de Vries, Die Mutationen und die Mutationsperioden bei der Entstehung der Arten. Leipzig. 8^o 1901. (Előadás, melyet a német természettudósok és orvosok vándorgyűlésén tartott Hamburgban 1901-ben.)

példány csak valamely, csakis szakbúvárnak észrevehető apróságban különbözik a másiktól. Olyan a jelenség, mintha egy eredeti faj száz meg ezer darabra szakadt volna szét.

De ezek az alfajok de Vries szerint meghalnak; szaporodnak ideig-óráig, száz vagy ezer évig, de végre a fent kifejtett okokból letűnnek. Valamikor megesis azonban a faj életében, hogy egyik példánya szaporodáskor megint »explodál«, hogy megint száz meg száz új variálás keletkezik, melyek megint elenyésznek, ha nem ismétlődik meg

valamelyik származékukkal az előbbi folyamat. Így tehát a phylogenetikus fejlődésre nem a Haeckel óta annyira divatos faszzerű elágazódás vehető sémának, hanem a 4. ábrán látható minta, melyet de Vries az édes vizekben közönséges csillárkamoszatról (Chara) egészen találóan csillárkamintának, chara-mintának nevez.



4. ábra. Vázlat a fajok phylogenetikai fejlődésére mutációk által de Vries elmélete szerint.

Az explosiókat, a hirtelen alakképződéseket de Vries *mutatio* névvel jelöli. Szerinte a mutációk csak időközönként képződnek s geológiai értelemben rövid mutáció-időszakok aránylag hosszú »állandó időszakokkal« váltakoznak. A külső körülmények, az időjárás, a helyi hatások, a létért való küzdelem, az alkalmazkodás, mindezek csak a mutatókorszak alatt jutnak érvényre s hatásuknak megfelelőleg képződik egyszer sok, máskor kevés új faj, ennek megfelelőleg térnek el az új alakok a típustól és történik a továbbfejlődés vagy haladó, vagy visszatérő irányban. *Egy szóval de Vries kiegészíti Darwin tanait a mutatókorszakokról szóló elméletével.*

Mi azonban az ilyen mutáció? Miben áll a lényege? Képződésének alapfeltétele de Vries szerint az, hogy az élő lények bizonyos *qualitásbeli egységekből* legyenek fölépítve, melyek közt átmenetek nincsenek. Ezeket úgy kell képzelni, mint a chemikusok elméleti molekuláit, melyek bizonyos összetételben alkotják a testeket. Ha más az összetétel, ha új elem, vagy egység lép hozzájuk, vagy a régi elvész, megváltozik az alak, más lesz a faj: ezt a változást nevezi de Vries *mutatio*-nak, (Látjuk tehát, hogy de Vries elmélete szakasztott olyan, mint a mit Gautier chemikus a plazma-speciesek vizsgálata után állít.)

Ime, ez velejében az úgynevezett *mutatio-elmélet*, melyben úgy-szólván kikristályodott csaknem mindama kutatás, kísérletezés és kritika eredménye, mely a selectió-elmélet óta foglalkoztatja a biológusokat.

A ki ilyen mésszeható elméletet mer felállítani, ezt a mai tudománys világban nem teheti alapos okok és tapasztalatok nélkül. Nézzük tehát, miféle tapasztalatokon nyugszik de Vries meggyőződése.

Abból indult ki, hogy, ha igazán mutatiókkal történik az alakkép-ződés, akkor most is kell lenni növényfajnak, mely épen most »explo-dál«. Több mint száz növényfajt figyelt meg erre nézve, évekig külön-külön tenyésztve őket — de hiába. Végre 1886-ban reátalált egyre, mely várakozásainak megfelelt. Ez az *Oenothera Lamarckiana*, egy a vízi mogoróval (*Trapa natans*) és a fűzikével (*Epilobium*) közel rokon félcsérjés növény, mely folyók partján, kavicsos helyen nő és vagy száz évvel ezelőtt került Észak-Amerikából Európába, és a magyar flórába is. Nálunk nem valami jól tenyészik, mert vándorlása igen lassú és máskülönben sem valami nagyon gyakori (5. ábra). Ez az *Oenothera* de Vries szerint felér egy modern fajfaragó florista munkásságával. Évenként keletkeznek magvaiból új meg új fajok, melyek közt sok olyan van, mely alig életrevaló, vagy terméketlen, de van köztük életrevaló, szép, erős alak is. De Vries belőlük kiválasztott néhányat, melyet sok éven át és sok példányban (néha egyszerre 15,000-et is) tenyésztve, kipróbált állandóságra és közelebről tanulmányozott. Ezek valamennyien typosos *Oe. Lamarckiana* magvából keltek ki, melyet de Vries maga szerzett az anyanövények mester-séges termékenyítésével. S mennyire különböznek egymástól ez új fajok, tanúsítja a 6. ábra, melyet de Vries munkájából* rajzoltam.



5. ábra. *Oenothera Lamarckiana*, az amsterdami botanikus kertből (De Vries szerint).

* H. de Vries, Die Mutationstheorie, Versuche und Beobachtungen über die Entstehung der Arten im Pflanzenreich. I. kötet: Die Entstehung der Arten durch Mutation. Leipzig. (Veit). 8^o 1901. 8 színes táblával.

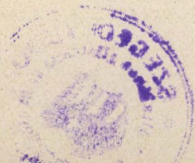
Az *Oenothera gigas* (6. ábra, *b*) óriási termetével, az *Oe. nanella* (6. ábra, *a*) törpeségével különbözik, az *Oe. lata* (6. ábra, *c*) igen zömök, alacsony növekedésű és más levelű stb. S ezen fajok, melyek születésekor a hollandus tudós mintegy jelen volt, azonnal állandóak és változatlanok voltak. Nem kellett hozzá a generációk egész sora, sem kiválogatódás, sem létért való küzdelem, hanem már a harmadik vagy negyedik levélke kifejlesztése után látszott, hogy a leánynövény más, mint az anya. Mire



6. ábra. *a* *Oenothera nanella* De Vr. mutatio útján hirtelenül keletkezett faj; *b* *Oenothera gigas* De Vr. mutatio útján keletkezett faj; *c* *Oenothera lata* De Vr. mutatio útján keletkezve.

azután magot hozott, ebből száz- és ezerszámra megint csak olyformájú generáció keletkezett, mint ő maga, s ez néhány esetben most már a tizenötödik évadban ismétlődött, úgy hogy a mutatio útján keletkező új fajok állandóságához már nem férhet kétség.

De ezek a fajok egészen más értékűek, mint azok, melyeket a botanikusok mesterségesen, czélszerűségi szempontból különítettek el, hogy az alakok chaoszát át lehessen tekinteni. Valószínű ugyan, hogy valamennyi »jó« faj megfelel ilyen, a többiektől magától a természettől



elválasztott önálló fajnak: de a botanikai rendszertan a fajfaragók vesztére egészen új irányt fog venni e tapasztalat után.

A mutációk termette fajok állandóságán kívül ugyanezen tenyésztő kísérletek alkalmával arról is meggyőződött de Vries, hogy az évek folyamán a közös törzsalakból mindig csak ugyanazon variációk keletkeznek, hogy tehát a fajképződés az Oenotheránál meglehetősen korlátolt számú lehetőségre szorítkozik.

De Vries azonban elég óvatos, és az Oenotherával kapott eredményt nem általánosítja még az egész élő természetre. Ő csak annyit tétel föl, hogy *a fejlődés nagyjában véve lökésekkel történt*. Azt a kérdést is fölveti, vajjon hány ilyen lökéssel képződhetett phylogenetikailag a legegyszerűbb élő lényekből valamely jól fejlett virágos növény? Támaszkodva Lord Kelvin állítására, hogy az élet tartama a Földön eddig körülbelül 24 millió évre tehető, valamint arra, hogy az egyiptomi piramisokban talált növénymaradványok ugyanazon fajokhoz tartoznak, melyek most is élnek, azaz, hogy 4000 év óta nem változott meg a flóra: arra az eredményre jut, hogy eddig legfeljebb 6000 mutatókorszak állott be, a mi elegendőnek is látszik ekkora fejlődésbeli út megtételéhez. Így tehát a mutatio-elmélet kikerüli azon ismert ellenvetést, melyet a darwinizmussal szemben oly sokszor tesznek, hogy t. i., mivel a történelmi időszakban nem változtak meg semmiképen a fajok, az egész phylogenetikai út évmilliárdokat, azaz oly hosszú időtartamot követelne, mint a minőt nem tételhetünk fel a Föld korául sem.

De Vries munkája második kötetében kiegészíti a felhozott bizonyítékokat és elméletét. Mert nemcsak a mutatio alakítja a fajokat és nemcsak a kiválogatódás tizedeli meg őket és választja ki a legalkalmasabbakat, hanem (specialiter a növényországban) alakok képződnek keresztezés által is. S ezt, miként viselkednek a fajalakító elemek keresztezéskor, miben áll a keresztezés lényege, ezt igyekszik legújabb tanulmányában tisztázni.* Nagyon messze vezetne, ha e helyen bemélyednénk mindezen részletekbe; ez csak zavarná az áttekintést, melyet a fajkeletkezés elméletének fejlődéséről adni szándékomban volt.

A tudomány növekedő érdeklődéssel néz az amsterdami botanikus kert felé, melynek néma lakói oly sokat mondtak már.

De Vries munkája mindenesetre olyan nagyjelentőségű, hogy modern botanikus és zoologus nem teheti félre a nélkül, hogy át ne tanulmányozná. A művelt közönség és a természetkedvelő azonban az ismeretek jelen állapotában beérheti azon tudattal, hogy az evolutio tanát alapjában ott is meg lehetett szilárdítani, a hol eddig legingatagabb

* H. de Vries, Die Mutationstheorie. II. Die Bastardierung. 1. Elementare Bastardlehre. Leipzig. 8^o. 1902.



és leggyengébb volt, s hogy minden tapasztalatunk a fajok descendentitáját igazolja, csupán a származás természetes okait, a fajok átformálódásának módjait vitatják a bűvárok. Darwin végeredményben a létért való küzdelemnek, illetőleg a vele kapcsolatos természetes kiválogatódásnak tulajdonította a fajok keletkezését, az újabb bűvárok zömének nézete szerint pedig az új fajok részben belső — ez idő szerint ismeretlen — okokból, részben a külső környezet egyenes hatására jönnek létre; a természetes kiválogatódás csupán azt dönti el, hogy eme bizonyos fokig kész fajok közül melyek maradjanak meg.

FRANCÉ REZSÓ.

Adalék a magyar borok és hamujók összetételéhez.

Magyarország sokat áldoz az újjalakított szőlőkultúrára. Jelenleg azon a ponton vagyunk, hogy a rekonstruált szőlőkultúra túlnyomó részben már kielégíti a belfogyasztás szükségletét, de a magyar bor néhány év múlva ismét megjelenik a világpiaczon.

Tudvalevő, hogy a fillokszéra megjelenése előtti ideig általában az a nézet volt elterjedve, hogy jó minőségű fajbort csakis a hegyvidékeken lehet természeteni. Ámde már a szőlővész megjelenésekor voltak egyes férfiak, kik hangsúlyozták, hogy megfelelő tudással Magyarország éghajlati viszonyai között az alföldi homokterületen termett szőlőből is lehet kitűnő borokat készíteni. A homoki talaj ilyen célra való kihasználásának első előharczosa Wartha Vincze volt Herman Ottó-val együtt, kik a szőlőtermesztők körében tartott ily értelmű felszólalásuk alkalmával azonban csak mosolyt arattak. Még 1887-ben Wartha Vincze a »Természettudományi Közlöny«-ben így irt: »Meg lehetünk győződve, hogy az Alföld homokos rónaságain, a hol ma még száraz kórónál egyéb nem terem, vagy legfeljebb a városok közelében egy kis nyúlós kerti bor, hogy ott a

fillokszérától ment homokban olyan portékát fognak természeteni és okszerű kezeléssel kivitelre alkalmassá tenni, mely a nemzet vagyonosodásához tetemesen hozzá fog járulni«. E jóslat ma már beteljesedett, pedig Wartha Vincze idézett cikkében még azt mondta, hogy mi aligha fogjuk megérni, hogy az Alföldön általában kitűnő bort természetesenek.

A múlt évben tartott pozsonyi borászati kiállítás fényesen igazolta Wartha Vincze állítását, mert a homoki talajon termett borok kitűnő minőségét volt alkalmunk látni különböző termőhelyekről, és ma már való, hogy a homoki fajbor méltó versenytársa a hegyi bornak, és vele a magyar bort versenyre alkalmasabbá is tehetjük, hiszen a homokon a fajbortermesztés lényegesen kevesebbe kerül.

A fillokszéravésznek tehát meglesz az a haszna, hogy a bortermesztés tetemes része a homoki talajra terelődik, és ha az okszerű szüretelés és borkezelés terén a megkezdett úton haladunk, fajboraink lényegesen olcsóbbakká is válnak.

A magyar földnek ez évszázadok óta híres termékét folytonosan kell tanulmá-

nyozni, hogy a versenyt fölvehessük a többi bortermő államokkal. A szakirodalomban borvizsgálatokra vonatkozó adatokat sokat találunk. Németország saját borainak megvizsgálását már évek óta rendszeresen végzi és az így kapott »borstatisztika« igen becses anyagot ad.

Az új körülmények közt borainknak rendszeres megvizsgálása évről évre nagyon czélszerű volna nálunk is, mint-hogy kellő anyag összegyűjtése után a vizsgálat adataiból megállapíthatnók a borok összetételének ingadozását, a mi a különböző időjárási viszonyokkal, szőlőbetegségekkel stb. kapcsolatos. Az évről évre gyűjtött adatokból a szőlőkultúra haladásával beálló változásokat is módunkban volna észlelni. A borok nagymértékű ingadozására nézve nagyon érdekes példák az 1901. és 1902. évi bortermések, a melyek két szélsőségnek tekinthetők. Ugyanis 1901-ben a borok a lehető legjobb minőségűek voltak, és épen nem ritkán fordult elő, hogy eredeti természetes homoki borban 12 térfogatszázalék szesz volt, a melylyel a bor többi alkotó részei is arányban állottak. Nem így 1902-ben, mikor a rendellenes időjárás és szőlőbetegségek miatt a szőlő sok helyen meg nem érhetett, a természetes borok összetételében a borvizsgálatokkal évek óta foglalkozó kemikusok pedig olyan rendellenességeket észleltek, a melyek meglepetést keltettek.

Ezúttal a magyar borok vizsgálatára vonatkozó adatokat közlök, a melyekhez az anyagot a kereskedelmi forgalomban található borokból szereztem. Ez adatok azért értékesek, mert megismerjük a kereskedelembe jutott áru minőségét.

Egyúttal a megvizsgált borokból kellő anyag összegyűjtése után teljes hamuanalíziseket is végeztem. A borok hamu-

jának teljes elemzésére vonatkozó adatokat a szakirodalomban sem találunk. Még a német borstatisztikában is csak a hamunak néhány alkotó részét határozták meg.

Hogy a magyarországi borok hamuja összetételének meglehetősen átlagát kapjam, úgy jártam el, hogy nyilvános vegy-kísérleti állomásomon huzamosabb idő alatt megvizsgált borokból egyenlő mennyiségeket égettem el, és a kapott hamut összegyűjtöttem.

A különböző bortermő helyekről származó borok összetételét az I—V. táblázat tünteti elénk; a hasonló minőségű borokat csoportosítottam egyrésztől azért, hogy a hasonló borok jellemét lássuk, a mit a kiszámított átlag bemutat, másrésztől, hogy a hamuösszetétel közötti lényeges különbségeket is megállapíthassuk.

Igy az I. táblázatban *30 homoki fehér bor* analízisét és az elemzés adatainak átlagát közlöm.

A megvizsgált borok mindegyikéből 100 cm³-t égettem el és az így kapott hamut a növényekhamujának analízisében követett eljárás szerint vizsgáltam meg.

A hamuról kapott adatokat a Th a n K á r o l y ajánlta módon egyenértéksúlyszázalékokra is átszámítottam.

Ugyanilyen módon tünteti elénk a II. táblázat *25 fehér homoki fajbor* összetételét, a III. táblázat *25 fehér csemegebor* összetételét, a IV. táblázat *16 szamorodni bor* összetételét és az V. táblázat *15 tokaji aszubor* összetételét.

Az egyes csoportokban levő borok átlagos hamujának analíziseit az Ia), IIa), IIIa), IVa) és Va) táblázatba foglaltam egybe. Az összehasonlítás megkönnyítése céljából az összes hamuanalízisek egyenértéksúlyszázalékait a VI. táblázat tünteti elénk.

I. táblázat.

Harmincz magyarországi homoki fehér bor elemzése.

Folyó szám	Borvidék	Vizsgálati év	Termés éve	Alkohol		Extrakt-súly o/o	Összes sav-súly o/o	Hamu-súly o/o	Glicerin- súly o/o	100 g alko- holra esik glicerin	Cukor-súly o/o	Cukortól és savtól mentes extraktmaradék- súly %	Salétromsav reakció	
				térfogat o/o	súly o/o									
1	Apáti	1901	1901	7-00	5-55	2-396	0-975	0-216	0-504	9-09	0-050	1-371	nem adja	
2	Tiszaföldvári új	»	»	7-40	5-87	1-930	0-825	0-202	0-427	7-30	0-050	1-055	»	
3	Debreczeni	»	»	9-45	7-50	1-932	0-862	0-186	0-483	6-44	0-050	1-020	»	
4	Nagy-Kanizsai	»	»	7-50	5-95	2-164	1-087	0-174	0-422	7-09	—	1-077	»	
5	Debreczeni	»	»	8-20	6-50	1-776	0-750	0-176	0-428	6-58	—	1-026	»	
6	»	»	»	8-70	6-90	2-016	0-975	0-156	0-485	7-02	—	1-041	»	
7	Tiszaföldvári	»	»	8-75	6-95	1-706	0-675	0-186	0-425	6-11	—	1-031	»	
8	Mezőcsáthi	»	»	8-60	6-82	1-936	0-900	0-216	0-458	6-71	—	1-036	»	
9	»	»	»	8-80	6-98	1-960	0-937	0-150	0-515	7-37	—	1-023	»	
10	Berettyó-Újfalui	»	»	6-55	5-20	1-780	0-694	0-310	0-355	6-82	—	1-086	»	
11	Kecskeméti	»	»	9-80	7-77	2-146	0-842	0-166	0-506	6-47	—	1-304	»	
12	»	»	»	10-40	8-25	2-126	0-862	0-176	0-564	6-83	—	1-264	»	
13	»	»	»	11-30	8-96	2-066	0-862	0-172	0-595	6-64	—	1-204	»	
14	» rizling	»	»	10-60	8-41	2-364	0-937	0-168	0-625	7-43	—	1-427	»	
15	Várpalotai új	»	»	11-00	8-74	4-846	0-712	0-166	0-723	8-27	2-750	1-384	»	Polároz -0-95° W.
16	Vácsi	»	»	9-10	7-23	1-966	0-825	0-206	0-508	7-02	—	1-141	»	
17	Vadkerti	»	»	9-50	7-55	1-776	0-787	0-146	0-568	7-52	—	0-989	»	
18	Kecskeméti Halesz	»	»	9-55	7-58	1-864	0-787	0-164	0-560	7-40	—	1-077	»	
19	Vácsi	»	»	8-70	6-90	1-990	0-750	0-230	0-540	7-82	—	1-140	»	
20	Nádudvari	»	»	12-30	9-76	1-848	0-692	0-158	0-684	7-10	—	1-156	»	
21	Császártöltési	»	»	9-20	7-30	1-875	0-692	0-158	0-628	8-60	—	1-183	»	
22	Nagy-Kanizsai	»	»	9-00	7-14	1-896	0-712	0-150	0-567	7-94	—	1-184	»	
23	»	»	»	9-90	7-86	1-718	0-692	0-178	0-544	6-92	—	1-026	»	
24	Új-Kécskei	1902	»	8-80	6-98	2-016	0-862	0-146	0-493	7-06	—	1-154	»	
25	Vácsi	»	»	9-00	7-14	1-908	0-637	0-214	0-605	8-47	—	1-271	»	
26	Kecskeméti	»	»	9-00	7-14	1-880	0-825	0-198	0-452	6-33	—	1-055	»	
27	Jankovácsi	»	»	8-50	6-75	1-794	0-750	0-162	0-463	6-83	—	1-049	»	
28	Paksi	»	»	11-20	8-88	1-796	0-654	0-162	0-698	7-86	—	1-142	»	
29	Mátyásföldi	»	»	10-30	8-18	2-150	0-712	0-170	0-668	8-16	—	1-428	»	
30	Erdélyi	»	»	8-80	6-98	1-990	0-825	0-180	0-494	7-08	—	1-165	»	
30	homoki fehér bor átlagos össze- tétele			9-23	7-32	2-053	0-803	0-181	0-532	7-28	—	1-150	—	

Ia) táblázat.

Harmincz homoki fehér bor hamujának összetétele.

Alkotó rész	100 cm ³ borban van 0-181 g hamu, melyből	100 súly rész hamuban van 0/0	Széndioxidtól mentes hamu száma	Alkotó rész	100 cm ³ -ben 0-181 g hamu. Ebben van g-ban	100 súly-rész hamuban 0/0	100 súlyrész széndioxidtól mentes hamuban 0/0	0-181 g hamuban az egyes alkotórészek egyenérték-súlyainak hányadrésze	Egyenérték súly-százalékok
A hamu vízben oldható része	0-1286	71-05	—	KI	0-0454	25-09	26-86	0-001160	26-29
K ₂ O	0-0547	30-22	32-35	NaI	0-0062	3-44	3-70	0-000271	6-14
Na ₂ O	0-0084	4-64	4-97	CaII	0-0159	9-09	9-36	0-000792	17-95
Ca O	0-0222	12-27	13-10	MgII	0-0077	4-24	4-53	0-000630	14-28
Mg O	0-0127	7-02	7-51	FeIII	0-0032	1-74	1-86	0-000169	3-83
Fe ₂ O ₃	0-0045	2-48	2-65	AlIII	0-0126	6-95	7-43	0-001391	31-51
Al ₂ O ₃	0-0237	13-10	14-02						
Si O ₂	0-0064	3-53	3-78	SiO ₂ II	0-0081	4-46	4-78	0-000268	6-07
P ₂ O ₅	0-0184	10-16	10-88	PO ₄ III	0-0246	13-59	14-56	0-000777	17-61
SO ₃	0-0127	7-02	7-51	SO ₄ II	0-0152	8-42	9-01	0-000317	7-18
Cl	0-0051	2-82	3-02	ClI	0-0051	2-82	3-02	0-000147	3-26
CO ₂	0-0119	6-58	—	CO ₂ II	0-0162	8-98	—	0-000541	12-26
A Cl-ral aequ. oxigén	—	0-63	—	OII	—	—	—	0-002366	53-62

ADALÉK A MAGYAR BOROK ÉS HAMUJOK ÖSSZTÉTELEHEZ.

Folyószám	Borvidék	Vizsgálati év	Termés éve	Alkohol		Extrakt-súly 0/0	Összes sav-súly 0/0	Hamu-súly 0/0	Glicerin-súly 0/0	100 g alko- holra esik glicerin	Cukor-súly %0	Cukortól és savtól mentes extraktmaradék- súly %0	Sulétromsav- reakció
				térfogat 0/0	súly 0/0								
1	Paksi sylvani	1898	1898	10-20	8-10	1-918	0-525	0-180	0-570	7-00	0-100	1-233	nem adja
2	» rizling	»	»	11-00	8-72	1-940	0-637	0-200	0-580	6-70	—	1-305	»
3	Erdélyi rizling	1899	1895	10-30	8-77	1-700	0-600	0-160	0-510	6-24	—	1-100	»
4	» muskotály	»	»	10-50	8-33	1-946	0-600	0-186	0-750	9-00	—	1-346	»
5	» »	»	»	9-10	7-21	1-950	0-862	0-166	0-520	7-21	—	1-088	»
6	» rizling	»	1896	10-70	8-49	3-496	0-712	0-180	0-685	8-07	0-560	2-224	»
7	» leányka	»	1899	10-50	8-33	2-712	0-825	0-162	0-788	9-46	0-250	1-637	»
8	Kecskeméti rizling	1900	1900	10-60	8-41	2-364	0-937	0-168	0-625	7-43	—	1-427	»
9	Kelebiai chassellas	»	1899	10-00	7-94	1-942	0-547	0-210	0-648	8-16	—	1-395	»
10	Mátyásföldi	»	»	10-30	8-18	2-150	0-712	0-170	0-680	8-16	—	1-428	»
11	» »	»	»	8-80	6-98	2-250	0-937	0-234	0-635	9-10	—	1-313	»
12	Gyáli muskotály	1899	1895	12-00	9-69	2-048	0-750	0-156	0-680	7-02	0-250	1-048	»
13	» »	»	1897	11-80	9-53	2-212	0-637	0-182	0-680	7-13	0-300	1-275	»
14	» »	»	»	11-90	9-61	2-084	0-712	0-160	0-692	7-20	0-150	1-222	»
15	Kelebiai rizling	»	1898	10-20	8-10	1-728	0-562	0-228	0-520	6-42	—	1-166	»
16	» »	»	»	8-90	7-07	1-940	0-600	0-230	0-540	7-67	—	1-340	»
17	Zalai rizling	»	»	10-90	8-65	2-514	0-768	0-214	0-715	8-26	—	1-746	»
18	Kernyájai chassellas	1901	1901	10-00	7-94	1-942	0-547	0-210	0-648	8-16	—	1-395	»
19	» rizling	»	»	11-70	9-29	1-650	0-562	0-160	0-562	6-82	—	1-088	»
20	Zalai burgundi	»	»	8-40	6-66	2-144	0-562	0-314	0-485	7-28	0-150	1-432	»
21	» veltelini	»	»	9-35	7-42	1-964	0-637	0-224	0-563	7-58	0-080	1-247	nyomok
22	» kadarka	»	»	10-10	8-01	2-540	0-862	0-240	0-587	7-32	0-180	1-498	nem
23	Komáromi muskotály	1902	1902	13-70	10-87	2-750	0-637	0-210	0-825	7-59	0-240	1-873	»
24	» homoki peccenyebor	»	»	11-30	8-96	2-046	0-712	0-166	0-675	7-54	0-075	1-259	»
25	» merlot	»	»	11-40	9-05	2-804	0-695	0-280	0-816	9-01	—	2-109	»
25	homoki fajbor átlagos összetétele			10-54	8-40	2-189	0-685	0-199	0-639	7-66	—	1-409	

IIa) táblázat.

Huszonöt homoki fehér fajbor hamujának összetétele.

Alkotó rész	100 cm ³ borban van 0-199 g hamu, melyből	100 súlyrész hamuban van 0/0	Széndioxidtól mentes hamura számítva	Alkotó rész	100 cm ³ -ben 0-199 g hamu. Ebben van g-ban	100 súlyrész hamuban 0/0	100 súlyrész széndioxidmentes hamuban 0/0	0-199 g hamuban az egyes alkotórészek egyenérték-súlyainak hányadrésze	Egyenérték-súlyszázalékok
A hamu vízben oldható része	0-1340	67-33	—	KI	0-0467	23-45	26-41	0-001192	32-11
K ₂ O	0-0562	28-24	31-81	NaI	0-0046	2-32	2-61	0-000199	5-36
Na ₂ O	0-0062	3-12	3-51	CaII	0-0107	5-39	6-06	0-000535	14-41
CaO	0-0150	7-54	8-49	MgII	0-0075	3-76	4-24	0-000614	16-54
MgO	0-0124	6-23	7-03	FeIII	0-0018	0-92	1-03	0-000098	2-64
Fe ₂ O ₃	0-0026	1-31	1-47	AlIII	0-0097	4-88	5-50	0-001074	28-94
Al ₂ O ₃	0-0183	9-20	10-36	SiO ₃ II	0-0116	5-84	6-58	0-000385	10-37
SiO ₂	0-0092	4-62	5-20	PO ₄ III	0-0333	16-68	18-79	0-001050	28-29
P ₂ O ₅	0-0248	12-47	14-04	SO ₄ II	0-0340	17-06	19-20	0-000707	19-05
SO ₃	0-0283	14-22	16-00	ClI	0-0065	1-81	2-04	0-000183	4-93
Cl	0-0065	1-81	2-04	CO ₃ II	0-0304	15-30	—	0-001013	27-29
CO ₂	0-0223	11-22	—	OII	—	—	—	0-000374	10-07
A Cl-ral aequ. oxigén	—	0-41	—						

Folyó szám	Borvidék	Vizsgálati év	Termés éve	Alkohol			Összes sav-súly 0/0	Hamu-súly 0/0	Gliczerin-súly 0/0	100 g alkoholtól esik gliczerin	Cukor-súly 0/0	Cukor- és savmentes extrakt-maradék-súly 0/0	Salétromsav-reakció
				térfogat 0/0	súly 0/0	Extrakt-súly 0/0							
1	Szegzárdi	1900	1899	9-40	7-46	2-392	1-050	0-232	0-465	6-23	0-120	1-222	nem adja
2	»	»	»	9-45	7-50	2-410	1-050	0-230	0-478	6-37	0-125	1-235	»
3	»	»	»	10-20	8-10	2-880	0-862	0-226	0-660	8-14	0-250	1-768	»
4	Pozsonyi	»	1900	10-00	7-94	2-360	0-712	0-280	0-643	8-09	—	1-648	»
5	»	»	»	8-90	7-07	2-380	0-712	0-224	0-542	7-66	—	1-668	»
6	Rusztói muskotály	»	»	10-40	8-55	2-980	1-012	0-258	0-685	8-01	0-300	1-658	»
7	Somlyói rizling	»	»	12-40	9-85	2-512	0-712	0-192	0-834	8-47	0-250	1-550	»
8	Badacsonyi »	»	»	11-60	9-21	2-268	0-600	0-218	0-844	9-17	—	1-668	»
9	» »	»	»	10-50	8-33	2-368	0-729	0-250	0-625	7-50	—	1-639	»
10	» »	»	»	11-10	8-80	1-996	0-637	0-192	0-686	7-80	0-120	1-239	»
11	» kevert	»	»	10-70	8-49	1-860	0-600	0-190	0-690	8-12	0-080	1-180	»
12	»	»	»	15-10	12-00	2-780	0-825	0-220	0-810	6-75	0-180	1-675	»
13	Balatonai rizling	»	»	10-90	8-65	2-514	0-768	0-214	0-715	8-26	—	1-746	»
14	» »	1901	1898	10-50	8-33	2-326	1-029	0-186	0-592	7-10	—	1-297	»
15	» sylvani	»	»	10-70	8-49	2-090	0-562	0-170	0-785	9-24	—	1-528	»
16	» devecseri	»	»	9-40	7-46	2-264	0-900	0-204	0-610	8-17	—	1-364	»
17	» »	»	»	9-00	7-13	2-360	0-700	0-204	0-561	7-86	0-150	1-510	»
18	» »	»	»	9-50	7-55	2-580	0-937	0-220	0-557	7-37	0-200	1-443	»
19	» »	»	»	8-90	7-07	2-290	0-900	0-210	0-580	8-20	0-120	1-270	»
20	Villányi furmint	»	»	11-20	8-88	2-042	0-637	0-182	0-570	6-42	0-180	1-225	»
21	» rizling	»	»	11-00	8-72	1-944	0-637	0-174	0-582	6-67	0-120	1-187	»
22	» furmint	»	»	11-20	8-88	2-138	0-655	0-198	0-680	7-66	0-150	1-333	»
23	» rizling	»	»	11-40	9-06	2-104	0-637	0-184	0-665	7-30	0-150	1-317	»
24	» furmint	»	»	11-00	8-72	2-170	0-600	0-190	0-720	8-25	0-202	1-368	»
25	» rizling	»	»	12-70	10-08	3-454	0-825	0-334	0-950	9-42	0-350	2-279	»
25	fehér csemegebor	átlagos összetétel		10-68	8-49	2-378	0-763	0-215	0-661	7-78	—	1-480	nem adja

IIIa) táblázat.

Huszonöt fehér csemegebor hamujának összetétele.

Alkotó rész	100 cm ³ borban van 0-215 g hamu, melyből	100 súly rész hamuban van 0,0	Széndioxidtól mentes hamura számítva		Alkotó rész	100 cm ³ -ben 0-215 g hamu. Ebben van g-ban	100 súly rész hamuban 0/0	100 súly rész széndioxidtól mentes hamuban 0/0	0-215 g hamuban az egyes alkotórészek egyenérték-súlyainak hiányrésze	Egyenérték súly-százalékok
A hamu vízben oldható része	0-1460	67-90	—		KI	0-0399	18-63	20-43	0-001022	20-20
K ₂ O	0-0482	22-44	24-60		NaI	0-0068	3-14	3-44	0-000293	5-79
Na ₂ O	0-0091	4-23	4-64		CaII	0-0144	6-68	7-32	0-000714	14-17
Ca O	0-0201	9-35	10-25		MgII	0-0113	5-25	5-76	0-000927	18-32
Mg O	0-0187	8-70	9-54		FeIII	0-0019	0-88	0-96	0-000101	1-99
Fe ₂ O ₃	0-0027	1-25	1-37		AlIII	0-0181	8-41	9-22	0-002000	39-53
Al ₂ O ₃	0-0341	15-86	17-39							
Si O ₂	0-0041	1-90	2-08		Si O ₃ II	0-0052	2-40	2-63	0-000172	3-40
P ₂ O ₅	0-0270	12-56	13-77		PO ₄ III	0-0361	16-81	18-42	0-001140	22-53
SO ₃	0-0245	11-40	12-50		SO ₄ II	0-0294	13-68	15-00	0-000613	12-11
Cl	0-0065	3-02	3-31		ClI	0-0065	3-02	3-31	0-000183	3-62
CO ₂	0-0189	8-80	—		CO ₃ II	0-0258	12-00	—	0-000859	16-98
A Cl-ral aequ. oxigen	—	0-68	—		OII	—	—	—	0-002093	41-36

100

0,0 100

ADATÉK A MAGYAR BOROK ÉS HATÉKOK ÖSSZEFÉLTÉHEZ.



IV. táblázat.

Szamorodni borok elemzése.

Folyó szám		Fajsúlya 15° C-on	Alkohol		Extrakt-súly 0/0	Hamu-súly 0/0	Összes sav-súly 0/0	Glicerin-súly 0/0	100 g alko- holra esik glicerin	Invert cukor- súly 0/0	Foszforsav- súly 0/0	Forgató ké- pesség 0W.	Extraktmar- adék-súly 0/0	Salétromsav- reakció
			térfogat 0/0	súly 0/0										
1	1888. szamorodni.	—	15·00	11·91	3·284	0·194	0·675	1·368	11·50	0·150	0·054	—	2·459	nem adja
2	1898. tokajhegyaljai	—	15·05	11·94	3·658	0·262	0·637	1·462	13·08	0·225	0·064	—	2·796	»
3	1898. tokaji szamorodni..	—	14·80	11·75	3·234	0·234	0·712	1·366	11·62	nyomok	0·043	—	2·522	»
4	» » »	—	14·95	11·86	3·274	0·198	0·525	1·358	11·45	»	0·041	—	2·749	»
5	1888. szamorodni.	—	15·30	12·39	3·236	0·201	0·540	1·122	9·05	0·820	0·066	—0·30	2·416	»
6	» »	—	14·80	11·99	2·298	0·186	0·525	1·220	10·18	0·360	0·076	—0·10	1·413	»
7	1889. tokaji szamorodni..	0·9888	16·40	13·01	2·664	0·198	0·675	1·250	9·60	nyomok	0·053	—	2·664	»
8	1890. » »	0·9893	16·10	11·98	2·666	0·218	0·700	1·180	9·84	»	0·039	—	2·666	»
9	» » »	0·9919	13·70	10·87	2·434	0·192	0·617	0·985	9·06	»	0·038	—	1·817	»
10	» » »	0·9897	16·90	13·40	2·714	0·220	0·563	1·206	9·00	0·140	0·048	±0	2·011	»
11	» tokaji hegyaljai.	0·9895	17·25	13·69	2·754	0·194	0·637	1·256	9·10	0·260	0·044	±0	1·857	»
12	hegyaljai 1889.	—	16·75	13·29	2·834	0·214	0·562	1·460	10·99	nyomok	0·040	—	2·172	»
13	» »	—	17·00	13·48	2·650	0·200	0·600	1·445	10·72	»	0·036	—	2·050	»
14	» »	—	17·60	13·96	2·394	0·214	0·562	1·247	8·93	»	0·037	—	1·832	»
15	» »	—	16·90	13·40	2·776	0·204	0·579	1·368	10·20	»	0·036	—	2·197	»
16	1889. szamorodni.	—	16·90	13·40	2·552	0·202	0·600	1·220	9·10	»	0·038	—	1·952	»
16	szamorodni bor átlagos összetétele		15·96	12·64	2·838	0·208	0·606	1·282	10·21	—	0·047	—	2·223	nem adja

IVa) táblázat.

Tizenhat számorodni bor hamujának összetétele.

Alkotó rész	100 cm ³ borban van 0-208 g hamu, melyből	100 súly rész hamuban van 0/0	Szendioxiddól mentes hamura számítva	Alkotó rész	100 cm ³ .ben 0-208 g hamu. Ebben található g-ban	100 súly rész hamuban 0/0	100 súly rész szendioxiddól mentes hamuban 0/0	0-208 g hamuban az egyes alkotó részek egyenérték súlyainak hányadrésze	Egyenérték súlyszázalékok
A hamu vízben oldható része	0-1383	66-49	—	KI	0-0556	26-75	28-18	0-001421	36-49
K ₂ O	0-0670	32-21	33-94	NaI	0-0033	1-60	1-69	0-000149	3-83
Na ₂ O	0-0045	2-16	2-28	CaII	0-0063	3-02	3-19	0-000314	8-06
Ca O	0-0088	4-23	4-46	MgII	0-0063	3-05	3-24	0-000520	13-35
Mg O	0-0105	5-05	5-36	FeIII	0-0011	0-54	0-57	0-000060	1-54
Fe ₂ O ₃	0-0016	0-77	0-81	AlIII	0-0129	6-22	6-56	0-001430	36-73
Al ₂ O ₃	0-0244	11-73	12-36						
Si O ₂	0-0053	2-55	2-69	Si O ₃ II	0-0067	3-23	3-40	0-000222	5-70
P ₂ O ₅	0-0468	22-50	23-71	PO ₄ III	0-0626	30-11	31-72	0-001980	50-85
SO ₃	0-0240	11-54	12-16	SO ₄ II	0-0288	13-85	14-59	0-000600	15-41
Cl	0-0037	1-78	1-87	ClI	0-0037	1-78	1-87	0-000104	2-67
Cl O ₂	0-0106	5-10	—	CO ₃ II	0-0145	6-96	—	0-000482	12-38
A Cl-ral aequ. oxigén	—	0-40	—	OII	—	—	—	0-000506	12-99

0/0 100

0/0 100

ADALEK A MAGYAR BOROK ÉS HANUJOK ÖSSZETÉTELÉHEZ.

Folyó szám		Fajsúly 15° C-on	Alkohol		Extrakt-súly 0/0	Hamu-súly 0/0	Savsúly 0/0	Glicerín- súly 0/0	100 g alko- holra esik glicerín	Invertcukor súly 0/0	Foszforsav súly 0/0	Forgató ké- pesség direkt, 0W, 200 mm	Forgató ké- pesség inver- tálás után 0W	Kénsavas káli súly 0/0	Cukortól men- tes extrakt- radex-súly %	Salétromsav reakció
			térfogat 0/0	súly 0/0												
1	1890-iki tokaji ...	—	12.80	10.35	18.285	0.235	0.562	0.822	7.94	15.080	0.068	—9.92	—9.90	0.067	3.205	nem ad
2	1890. » ...	—	15.20	12.31	10.392	0.216	0.610	0.942	7.65	8.110	0.084	—5.98	—6.00	nyomok	2.282	»
3	1889. » ...	—	14.60	11.80	7.112	0.230	0.562	1.030	8.72	3.820	0.075	—2.38	—2.40	0.062	3.292	»
4	1898. » ...	—	14.60	11.58	15.496	0.228	0.637	0.860	7.42	10.265	0.054	—2.90	—	—	5.231	»
5	1899. » ...	1.0385	16.80	13.32	15.350	0.204	0.525	1.240	9.30	11.870	0.066	—3.45	—	—	3.480	»
6	1899. » ...	1.0543	14.30	11.35	18.800	0.215	0.600	1.060	9.30	14.900	0.054	—5.20	—	—	3.900	»
7	1890. » ...	1.0308	17.30	13.72	14.300	0.284	0.750	1.080	7.86	9.600	0.051	3.70	—	—	4.700	»
8	1888. » ...	1.0543	13.65	10.83	18.610	0.328	0.937	0.975	9.00	14.730	0.054	—5.05	—	—	3.880	»
9	1889. » ...	1.0422	14.55	11.54	15.710	0.256	0.862	1.182	10.24	12.040	0.057	—4.80	—	—	3.670	»
10	1885. tokaji mászás	1.0402	12.40	9.84	14.590	0.250	0.712	1.182	12.01	10.385	0.060	—7.10	—	—	4.205	»
11	1883. 5 putt. tokaji	1.0625	17.50	13.88	21.800	0.210	0.675	0.886	6.39	17.860	0.068	—6.84	—	—	3.940	»
12	1901. tokaji ...	1.0343	13.00	10.32	13.220	0.202	0.825	0.736	7.13	9.860	0.087	—3.56	—	—	3.360	»
13	1900. » ...	1.073	12.00	9.51	23.040	0.250	0.692	0.986	10.36	19.420	0.080	—7.40	—	—	3.620	»
14	1896. » ...	1.0124	14.80	11.75	8.020	0.290	0.712	0.865	7.30	4.730	0.055	—1.46	—	—	3.290	»
15	1901. » ...	1.02485	15.80	12.53	11.520	0.200	0.635	0.865	7.00	8.265	0.041	—2.90	—	—	3.255	»
15	tokaji aszúbor átlagos összetétele, ...		14.62	11.57	15.083	0.239	0.686	0.980	8.30	11.388	0.063	—4.80	—	—	3.687	nem ad

Va) táblázat.

Tizenöt lokaji aszúbor hamujának összetétele.

Alkotó rész	100 cm ³ borban van 0-239 g hamu, melyből	100 súly rész hamuban van %/o	Szendioxidtől mentes hamura számítva	Alkotó rész	100 cm ³ -ben 0-239 g hamu. Ebben van g-ban	100 súly rész hamuban %/o	100 súly rész széndioxidtől mentes hamuban %/o	0-239 g hamuban az egyes alkotórészek egyenérték-súlyainak hányadrésze	Egyenérték súly-százalékok
A hamu vízben oldható része	0-1666	69-71	—	K ^I	0-0499	20-26	21-93	0-001276	28-26
K ₂ O	0-0602	25-20	26-42	Na ^I	0-0114	4-77	5-01	0-000492	10-90
Na ₂ O	0-0153	6-42	6-75	Ca ^{II}	0-0086	3-57	3-76	0-000429	9-49
Ca O	0-0120	5-02	5-27	Mg ^{II}	0-0094	3-93	4-12	0-000768	17-01
Mg O	0-0155	6-51	6-82	Fe ^{III}	0-0013	0-57	0-60	0-000071	1-57
Fe ₂ O ₃	0-0019	0-82	0-86	Al ^{III}	0-0134	5-61	5-89	0-001480	32-77
Al ₂ O ₃	0-0253	10-58	11-10						
Si O ₂	0-0048	2-00	2-10	Si O ₃ ^{II}	0-0061	2-53	2-66	0-000202	4-47
P ₂ O ₅	0-0623	26-06	27-33	PO ₄ ^{III}	0-0834	34-87	36-57	0-002632	58-28
SO ₃	0-0242	10-15	10-64	SO ₄ ^{II}	0-0290	12-18	12-77	0-000605	13-40
Cl	0-0051	2-14	2-24	Cl ^I	0-0051	2-14	2-24	0-000144	3-19
CO ₂	0-0111	4-65	—	CO ₃ ^{II}	0-0151	6-34	—	0-000505	11-18
A Cl-ral aequ. oxigén	—	0-48	—	O ^{II}	—	—	—	0-000428	9-48

0/0 001

0/0 001

ADALÉK A MAGYAR BOROK ÉS HAMUJOK ÖSSZETÉTELÉHEZ.

VI. táblázat.

Az egyenérték-súlyszázalékok összehasonlító táblázata.

Alkotó rész	30 homoki fehér bor	25 homoki fajbor fehér	25 fehér ese- megebor	16 szamo- rodni bor	15 tokaji aszú
KI	26.29	32.11	20.20	36.49	28.26
NaI	6.14	5.36	5.79	3.83	10.90
CaII	17.95	14.41	14.17	8.06	9.49
MgII	14.28	16.54	18.32	13.35	17.01
FeIII	3.83	2.64	1.99	1.54	1.57
AlIII	31.51	28.94	39.53	36.73	32.77
Si O ₃ II	6.07	10.37	3.40	5.70	4.47
PO ₄ III	17.61	28.29	22.53	50.85	58.28
SO ₄ II	7.18	19.05	12.11	15.41	13.40
ClI	3.26	4.93	3.62	2.67	3.19
CO ₃ II	12.26	27.29	16.98	12.38	11.18
OII	53.62	10.07	41.36	12.99	9.48

A hamu-analízisekből kiderül, hogy a borok értékének megítélésében oly nagy szerepet játszó foszforsav mennyisége (P₂O₅) a tokaji borban 63 mg, a szamorodni borokban közel 47 mg. A legközségesebb homoki borokban a foszforsav mennyiségének átlaga 18 mg, jóllehet homoki borban több ízben találtam 40 mg-t is.

A hamu összetételére vonatkozó egyenérték-súlyszázalékok összehasonlító táblázatából látjuk, hogy a PO₄ mennyisége a negatív alkotó részek 58.28%-ára rúg a tokaji borban. E számot megközelelti a szamorodni borban levő PO₄ mennyisége is. A homoki borban a negatív alkotó részeknek csak 17.61%-át teszi a PO₄, de a homoki fajborokban 28—29-re szökik fel.

Érdekesek a széndioxidra vonatkozó adatok. A széndioxid mennyisége az öt hamuvizsgálatban 4.65 és 11.22% között ingadozik. Kapcsolatban van a széndioxid mennyisége azzal, hogy a borban mennyi volt a borkő mennyisége. Ugyanis minél

érettebb szőlőt szüretelünk, annál kevesebb benne a borkő mennyisége, mely a hamu égetésekor szénsavas kálivá alakul át. Igazolni látszik ezt az a körülmény, hogy a tokaji bor hamujában legkevesebb széndioxidot, 4.65%-ot találtam, melyhez közel áll a szamorodni borok hamujában talált 5.1% CO₂.

A K₂O mennyisége 22.44 és 32.21% között változik. A kálium a pozitív alkotó részek összegének 20.2—36.49%-át teszi. A Na₂O 2.28—6.42% között ingadozik. Nagy ingadozásnak van kitéve a CaO, mely 4.46—12.27%, a MgO pedig 5.05—8.7% között változik. A timföldnek (Al₂O₃) 9.2 és 15.86% az ingadozása. Az alumínium a pozitív alkotó részek összegének 28.94—39.53%-a; a legnagyobb érték ez, mely után a kálium következik.

A magyarországi borok hamujának összetételére vonatkozó vizsgálataimat tovább folytatom, különösen a siller és vörös borokból már van is elég anyagom.

DR. SZILÁGYI GYULA.

A glukáze és lypáze jelentőségéről.

Kevés annyira ismeretlen természet-tudományi fogalom van mint az enzim, jóllehet hatása az egész szerves életre kiterjed. Az enzim szóhoz fűződik mindazon kémiai átalakulásoknak jó része, melyeket anyagcserének mondunk.

Az ó- és középkor bölcselő természetbúvárai az emésztést és a vele kapcsolatos sejtpitést, szaporulatot, anyagkiválasztást stb. mechanikai folyamatnak minősítették, mely a megfoghatatlan mozgató »életerő« képében testet ölt, és végzi mindazon tünetmennyeket, melyek az állati valamint a növényi életben, a keletkezés és elmulás között lefolynak.

A vizsgálódóknak Spallanzani a XVIII. század végén új irányt jelölt annak bebizonyításával, hogy az emésztés nem mechanikai folyamat, hanem első sorban a gyomornedv kémiai munkájának eredménye. Ő átlukgattott aczélcsővecskékbe zárt ételeket sólyommadarakkal nyeletett el, és a kísérleti állatok felboncsolásakor a bevitt táplálékot a védő burok sértetlenségének ellenére jórészt megemésztve találta. Fiziológiai ismereteink e fölfedezés óta rohamosan fejlődnek, mert a kémia e tudományszakban is elnyeri az őt megillető helyet. Sikertült ugyanis egyeseknek a sejtekből olyan anyagokat kivonniok, melyek az emésztéshez hasonló tünetmennyeket okoznak a sejteken kívül is.

Előállítanak a gyomorból pepszint, a hasnyálmirigyről trypsint, a melyek a

megalvadt fehérjét feloldják, megemésztik. Találnak ugyanott olyan anyagokat is, melyek ennek ép az ellenkezőjét végzik, azaz tejet, vért és más folyékony anyagot megalvasztanak, kocsonyaszerűvé változtatnak. Nyálból, gyomorból, s majd minden állati és növényi sejtől készíthető olyan termék, mely a keményítőt dextrinné és malátacukorra alakítja át. Ez átalakító testet diasztazénak nevezik, és, mert a legtöbb ilyenmű kémiai folyamat hasonlóan folyik le, ma ezt gyűjtőnévül is használják és mindazon sejttevékenység készítette anyagokat értik rajta, melyeknek igen kis mennyiségeik a diasztazéhoz hasonló kémiai folyamatokat indítanak meg, nagy átalakító munkát végeznek a nélkül, hogy magok e közben végleg leköttenének. Diasztatikus folyamatnak mondják sokan e műveletet, diasztazénak mondják a keményítőt cukorra átalakító testet, de újabban új elnevezéseket is használnak. A modern fiziológiai kémia »enzym«, magyarul »erjesztő« névvel él a gyűjtőnévként is használt »diasztaze« helyett és a kémiai munkát fermentatívnak, vagy enzimatikusnak mondja. Fermentatívnak azért, mert számos erjedésszerű folyamat hasonló tüneteket tanúsít. Köztudatba megy át az úgynevezett organizált és nem organizált fermentum. Az előbbin élő sejtecskéket, az utóbbin enzimeket értenek, melyek analog módon, összetettebb testeket elemi alkotó részeikre bontanak s e közben hőt szabadítanak fel.

Buchner 1897-ben az élesztőből a sejtfalak szétroncsolása után egy folyadékot préselt ki, mely a cukrot felbontotta szeszre és széndioxidra. E fölfedezés* korszakot jelent a fiziológiában, mert megdönteni látszik az organizált és nem organizált fermentum közötti különbséget és annak a felfogásnak enged teret, hogy az összes emésztő és átalakító folyamatokat nem közvetlenül a sejt, illetőleg az ő élő protoplazmája végzi, hanem a sejt protoplazmájától e célra kiválasztott serkentő, az önmagában végtelen lassú felbomlást gyorsító anyag közreműködése okozza, a mely a mostani felfogás szerint szervező munkára is alkalmas.

Frankland, Armstrong, továbbá A. L. Loevenhardt vizsgálataiból** tudjuk, hogy az enzymekbizonyos körülmények között nemcsak felbontó, hanem szervező tulajdonságúak, miért is fel kell tennünk, hogy e vegyület-csoport majd minden szervező és szétbontó műveletnek a mozgatója. Csalódnánk azonban, ha e testeknek csakis tudományos jelentőséget tulajdonítanánk. Nemcsak az élet indító okait keresők fedezték föl, hanem megismerésükhöz a gyakorlati emberek is sokban hozzájárultak, mert enzymek nélkül számos iparág észszerűen nem is volna végezhető.

A legelső iparilag használt, tudományosan megismert enzim a diasztaze, vagy helyesebben amylaze, mely a keményítőt, dextrint malátacukorrá alakítja át. Nem akarok e vegyülettel bővebben foglalkozni, mert minden iskolázott gazda jól ismeri ipari jelentőségét. Tudja, hogy árpát nagy részben épen az amylazét felhasználó gyárak érdekében természetnek.

* V. ö. »Alkoholos erjedés élesztősejt nélkül« cz. cikket a »Természettudományi Közöny« 1898. évi folyamában.

** Americ. Chemic. Journ. 1900—24.

A fejlődő tudomány bizonyos fokig veszélyezteti az árpatermesztést, mert a drága amylazét, a hol lehet, más olcsóbban előállítható enzymekkal akarja helyettesíteni. Ez természetes is, mert a csirázó árpában a csirázás előrehaladása szerint szaporodik fel az amylaze enzim, ezért a jól kicsirázott malátában több van, mint a kevésbé kicsirázottban. De az amylaze kiválasztása arányos anyag-vesztéssel jár, azaz minél több az amylaze a malátában, annál kevesebb zsir, fehérje, főleg szénhidrát marad meg benne. A modern chemiai technika a malátakészítést, a hol csak lehet, annyira a mennyire, háttérbe iparkodik szorítani.

A csirázással összekötött anyagvesztésén kívül talán még jobban ösztönzi a tudósokat az a körülmény, hogy a jó malátakészítés nem tűri a nyári hőmérsékletet, ezért a malátával dolgozó egyes iparok olcsóbb művelése, mint a sör- és szeszgyártás, a mérsékelt égövnek jut osztályrészül.

A melegebb égövi erjesztő iparosoknak régi törekvésök a malátaszükséglet korlátozása, a mi a glukáze enzim megismerésével részben teljesen sikerült, részben az erre való módok tökéletesedésével sikerülni fog.

Leonsenier 1886-ban fedezte fel ez enzimet és kimutatta, hogy majd az összes gabonafélékben található, bár kisebb mértékben, mint a tengeriben, a melyben akkora mennyiségben fordul elő, hogy a benne levő összes keményítőt szőlőcukorrá tudja átalakítani. Az amylaze a keményítőből malátacukrot és dextrint készít, a glukáze pedig a keményítőből, dextrinből, malátacukorból szőlőcukrot. Ebben van a nagy jelentősége. A malátacukor ugyanis magában véve se nem állati, se nem növényi táplálék, azzá csakis a glukáze teszi, mert ez alakítja át a táplálkozásra alkalmas szőlőcukorrá. Az átalakulás állatban, emberben, s a nő-

vényvilágban azonosan történik. Hogy a malátacukor közvetlenül el nem erjed, hanem az erjedő folyadékban előbb szőlőcukorra alakul át, ez vezetett többeket arra a gondolatra, hogy a malátacukrot, a hol lehet, szőlőcukorral pótolják, nevezetesen a sör- és szeszgyártásban és a borászatban. A szőlőcukor alkalmazhatóságának akadálya az előítéleten kívül a tiszta cukor drágasága. C u s e n i e r a glukáze felhasználásával új eljárást dolgozott ki a szőlőcukor előállítására, és termékét cerealoze néven árulja, melynek összetétele: 72% szőlőcukor, 2·5% malátacukor, 2·5% dextrin és 20% víz, tehát tisztaság szempontjából alig kifogásolható.

E készítés-mód még tökéletesítésre szorul, mert drágább, ha nem is jelentékenyen, a savval való invertáló eljárásnál, de tisztább terméket ad. Némileg költségesebb ez eljárás, mert, jóllehet a tengeriben jóval több glukáze van, mint a mennyi a saját magjában lévő keményítőnek átalakítására szükséges volna, azt teljesen még sem használhatjuk ki, mint-hogy nehéz a kiaknázást úgy irányítani, a hogyan a glukáze erjesztő képessége megkivánja, azért a keményítő kiaknázása is gyenge. Ezért nem vezetett sikerre az az egyszerű eljárás, hogy a megdarált tengerit, a glukáze-erjesztésre legalkalmasabb hőmérsékleten, 60°-on 24 órán át ugyanily hőmérsékű vízzel kivonják, mert ily módon a keményítőnek csak 60—65%-át kaphatják, jóllehet a tengeri még elegendő aktív glukazét tartalmaz. A glukáze a keményítőnek csak egy részére hat s ebben van a glukázéval való dolgozás nehézsége. A keményítő jobban használható ki E f f r o n t szerint a következőleg: Kettős falu, keverő-lapáttal ellátott készülékbe 500 kg darált tengerit és 20 hektoliter 65° C. hőmérsékletű vizet tesznek és az egészet folytonos keverés közben 6—8 órán át cukrosítják. A cukrosítást befejezettnek tekintik, ha a

lé a saccharométeren 10, s a Soleil-féle polariméteren 40—45 fokot jelez.

A törkölyről lefiltrált levét spodiumon átszűrük és vákuumban 40—42° Beauméra bepárolják, kristályosítják. A visszamaradó törkölyt gyenge nyomással gőzölik és legfeljebb 1—2% maláta hozzáadásával elcukrosítják. Ily módon körülbelül újra 20 hektoliter czefrét kapnak, melylyel újabb 500 kg tengerit cukrosíthatnak el.

Ez eljárás ma még nem olyan tökéletes, hogy a szőlőcukor készítése rögtöni reformálását várhatnók tőle, de újabban végzett mykológiai vizsgálatok eredményei valószínűleg ez iparágat is átalakítják.

Japánban, Khinában a keményítő-tartalmú anyagok elcukrosítását évszázadok óta nem malátával, hanem penészszel végzik. Tudvalevő, hogy a penészek táplálékukat enzimekkel készítik elő. A keményítőn élő penészek vagy diastazét, vagy glukazét választanak le, hogy a keményítőt asszimilálhassák.

A Mucorok rendjébe tartozó legtöbb gomba csak mellékesen választ le diastazét s fő táplálékszerző enzimjök a glukáze, a mi természetes is, minthogy a gombának a maltoze értékesítésére amúgy is glukázéra van szüksége, tehát azt, mint az életére nélkülözhetetlenebbet, választja ki bőségesebben.

T a k a m i n e, japáni tudós, tanulmányozta legelőször e kérdést; vizsgálatait B o i d i n és A. C a l m e t t e egészítette ki, kik épen úgy, mint T a k a m i n e, e penészek tiszta tenyészetét beviszik a szeszgyártásba.

Ezt a nem új, de Európában eddig nem ismert szeszgyártó módot a »Chemiai Folyóirat«-ban és számos magyar szaklapban ismertették már, és azóta számos külföldi és egy hazai gyár is erre az úgynevezett amylo-eljárásra rendezkedett be.

A penészek kétségkívül még átalakító munkát fognak végezni a szeszgyártásban, sőt a sörgyártásban is, csak az eljárásoknak kell némileg tökéletesedniök, azonkívül a munkás-személyzetnek ez eljárásba beletanulniok; ma azonban ideiglenesen csőd előtt áll a penészek alkalmazása az európai gyárakban, mert a malátamegtakarítást és a jobb szesznyeredéket lerontja az a körülmény, hogy nehéz e gombákkal dolgozni; továbbá e módszer több tüzelő anyagot kíván és egy-két nem sikerült főzés oly lényeges kárt okoz, hogy más bővebb szesznyeredék nem pótolja.*

Calmette a Mucedo-féléknek új tért szorít a technológiában; ugyanis felhasználja őket a glukáze vagyis a szőlőcukor gyártására.**

E módszer a melegebb éghajlat alatt valószínűleg teljesen ki fogja küszöbölni és esetleg nálunk is meg fogja változtatni a sav segélyével történő szőlőcukorkészítést, és hatása ki fog terjedni a sörgyártásra meg malátakészítésre is. Említetem, hogy Cuisinier cerealoze néven szőlőcukrot készít. Eljárásának jó oldala az, hogy elkerülhető vele a normális szőlőcukor-gyártásnak az a drága módja, hogy előbb a nyers termékekből a keményítőt ki kell vonni és savval ezt dolgozni fel dextrózévá. A mai eljárás nagy anyagvesztéssel jár, azonkívül nem ad oly tiszta terméket, mint Cuisinieré, mert a közönséges, nem raffinált termékhez 20—30% gummiszerű, nem kristályosítható, el nem erjeszthető anyaggal keveredik, a cerealozében pedig alig 2·50% dextrinszerű, de elerjedhető anyagot találunk. Cuisinier megke-

rüli a szőlőcukor-gyártásban a keményítő kivonását és kitűnő terméket állít elő; ugyanezt teszi A. Calmette is a Mucedineák felhasználásával, s az ő szőlőcukra nem áll az előbbié mögött. A nagy tőke kezdi kiaknázni Calmette munkájának eredményeit, ezért bővebben foglalkozom vele.

Calmette egyik megalapítója az Amylomyces-ekkel vagy Mucedineákkal dolgozó szeszfőzésnek, a mely lényegében abban áll, hogy a szétfőtt nyers anyagban levő keményítőt nem a malátában levő amylázéval, hanem a szétfőtt anyagon tenyésző penészszel cukrosítja el, illetőleg alakítja át glukázévá és ugyane penészszel erjeszti is szeszé és széndioxidá. Az erélyes glukáze kiválasztására alkalmas Mucedineák egyszersmind zymaze-alkotó, azaz szesz erjedést előidéző hatásuak is, a mi megnehezítette e gombáknak a czukorgyártásra való alkalmazhatóságát; ezért Calmette a hőt használja fel az enzympkválasztás szabályozására.

Tudvalevő, hogy az élő sejtek a körülmények, a táplálék, a levegő, a víz, a szesz, a szénhidrát stb. minősége, a hő szerint stb. olyan enzyemeket választanak le, melyek azon állapotnak legjobban megfelelnek.

Igy ha a Mucedineákat a levegőtől elzárva, tehát a folyadék alá merítve tartjuk, zymazét, azaz szesz erjedést előidéző anyagot választanak le, ellenben levegő jelenlétében, a folyadék felszínén tenyészve, alkoholt nem alkotnak, de a keményítőt ekkor is czukorrá alakítják át, és ezt, nagyon tevékeny anyagcsere következtében, hamarosan széndioxidá és vízzé égetik el. De azért a Mucedineák mégis használhatók a glukáze gyártására, mert szesz erjedést csak bizonyos fejlődésbeli állapotban, megfelelő hőfokon akkor idéznek elő, mikor az összes szénhidrátok glukázévá alakultak át.

* Újabb jelentések szerint a temesvári amylo-rendszerű szeszgyár néhány technikai fogás alkalmazásával igen kedvező eredményeket ért el.

** »Journal de Brassours« 1902., 16. sz.

Calmette a hőt használja fel az erjedés kizárására, a mennyiben a Mucedineák 10—15° alatt és 55° fölött se nem növekednek, se szeszes erjedést elő nem idéznek, azonban glukázéjük e hőmérséken alul is, felül is czukrosít. A szeszes erjedés meggátolható akként, hogy, ha a gomba bizonyos fejlődésbeli állapotot már elért, vagy lehűtjük, a mi gazdaságosabb, vagy pedig — és ez a rosszabb — fölmelegítjük a határszámon felül; a túlságosan erős anyagcserével járó czukorelégetést meg könnyen meggátolhatjuk, ha folytonos keveréssel a folyadék felszine alatt tartjuk a tenyészetet.

E szoroson növény-fiziológiai vizsgálatok eredményezték, hogy a keményítő-kiválásztás elkerülésével, Mucedineák segítségével jutányosan tudunk készíteni szőlőczukrot sör és más élvezeti cikkek előállítására közvetlenül használható állapotban. Calmette e végből kétféle eljárást alkalmaz, a mint a szőlőczukrot kereskedelmi árúnak, vagy pedig egyenesen sörgyártásra akarja felhasználni. Az előbbi esetben sósavval, az utóbbiban kevés maláta felhasználásával fokozza a glukáze hatását.

A czukor készítése a következő módon történik: A durvára darált tengerit, vagy az egész szemű, de lehámozott rizst stb. kétszer annyi, a feldolgozandó nyers termék 50%-ának megfelelő sósavval savanyított vízzel gőzölőbe teszik és egy óráig 100°-on, ugyanannyi időn át 110°-on, végül hasonlóan 120°-on gőzölögtetik.

Nagyon ajánlatos a savat a Warein-Defrance-féle készülék segélyével kis adagokban juttatni a gőzölögtetőbe, mert így sokkal jobb a sav kihasználása. Ez eljárással az összes átalakítható szénhidrátokból maltoze, dextrin és dextróze válik, miről jód segítségével meggyőződhetünk. Körülbelül ekkor az elczukrosí-

tott masszát oly sűrűre állítjuk be, hogy 25 kilo mag legyen 1 hektoliterben, azután gyenge nyomással az egészet a glukáze-erjesztő kádba visszük, hol a Mucedineák a maltozéból és dextrinből szőlőczukrot készítenek. A czefrét az erjesztést végző gombák hozzáadása előtt nátriumcarbonáttal annyira közönyösítjük, hogy savtartalma, kénsavra számítva, 0.25%-nak feleljen meg, ezután 20 perczig tartó gőzbevezetéssel sterilizáljuk, majd az erjesztő kádban levő kavarek megindításával és a kád lepermetezésével 38°-ra lehűtjük és beoltjuk valamely Mucor-, vagy az alkalmasabb Aspergillus tenyészetével. A gyorsabb munka érdekében ajánlatos, hogy a glukáze-kádkhoz hasonló berendezésű, steril dolgozást megengedő, tisztán tenyésztő kis edényben kulturát készítsünk, de a tenyészetnek frissnek kell lennie, mely spórát még nem fejesztett. A beoltott masszát folytonos keverés közben 35—38° C.-on tartják, míg a gomba növekedését s ezzel a czukrosítást is be nem fejezi. Ha a folyadék hőmérséklete 24 órán belül 35° alá süllyedne, steril levegővel, vagy gőzzel kell fölmelegíteni. A szeszes erjedés meggátolása végett az első 24 óra eltelte után a czefrét 10—15°-ra lehűtik és úgy hagyják teljesen befejeződni a czukrosodást.

Nagyobb mennyiségű gomba használatával a czukrosodás 24 óra alatt, kevéssel pedig 36 óra alatt véget ér, és ekkor újra majdnem a közönyös kémhatás eléréséig nátriumcarbonáttal telítik a folyadékot, melyet azután a keményítőjétől megfosztott törkölyről lepréselnek. A szárított törköly olajkészítésre használható, tápláló értéke különben olyan, mint a roztörkölyé.

A sárgás színű czukorlevet vagy elektrolizissal, vagy állati szénen való átszűréssel színtelenítik, majd 0.05% kénessav hozzáadásával ipari czélok szerint

különböző sűrűségre bepárologatják, esetleg kristályosítják.

A cukrosítás előmozdítására sav helyett a maláta is jól használható. A főzés ekkor is ugyanúgy történik, mint ha savval dolgoznának. A főzés befejezése után a gőzölögtetett anyagot 65—70^o-ra lehűtik és 4^o/o aszalt malátából készült tej hozzáadásával elcukrosítják, és ettől kezdve a további eljárás ismét az előbbiéhez hasonló.

A malátával és glukázéval készített szőlőcukor sörfőzésre minden tisztítás nélkül is felhasználható, úgy, hogy a sörfőző, ha gyárát ez eljárásra berendezi, a glukáze-erjesztő kádból kapott cukorlét mindjárt átszivattathatja a cefréző, vagy szűrő kádjába, hol az eredetileg használt termék 10—15^o/o-ának megfelelő malátával keveri, hogy a sörének extraktot, az élesztőnek pedig fehérje táplálóanyagot adjon.

Ez eljárás 80—85^o/o malátamegtakarítással jár, mi az olcsó sörök előállításában, különösen meleg éghajlat alatt, nagyon is számot tevő tényező.

Újabban technikai alkalmazásra talált az eddig kizárólag fiziológiai jelentőségű *lypáze* enzim is. Ez az erjesztő a zsírokat és más összetett éthereket alkotó vegyületekre, tehát zsírsavra és gliczerinre, vagy savra és más alkoholra bontja széjjel. Green és Sigmond tapasztalta először, hogy a széjjeldörzsölt olajos magvakban zsírsav válik szabaddá, mely a további zsírfelbontásnak útját állja. W. Connstein, E. Hoyer és H. Wartenberg felülbírálta e szerzők állítását,* mi az alább vázolandó technikai eredményeket szolgáltatta. A nevezettek kísérleteikre ricinusmagvakat használtak, melyeket vízzel szétdörzsöltek és különböző hőmérséken tartottak, mikor is kitűnt, hogy a lypoli-

zis útján keletkező sav és gliczerin az első 24 órában kevés volt ugyan, de a felbomlás ez időtől kezdve rohamosan gyorsult és az alkalmazott hőfok szerint 15—20^o, vagy 35—40^o-on 4—6, illetőleg 2—3 nap alatt közel teljesen befejeződött.

Hogy a lypolízis csak akkor válik erősebbé, ha már a bomlás előrehaladottabb, a szabad sav jelenlétére vezették vissza. Kísérletet tettek ez okból oly módon, hogy kevés savat, vagy savanyú sót tettek a maghoz, és ekkor tapasztalták, hogy a lypolízis rögtön olyan erővel indult meg, hogy nemcsak a magban foglalt zsír, hanem még a hozzáadott közönyös zsír is zsírsavra és gliczerinre bomlott.

E megfigyelést az említett búvárok technikailag használható, a zsírok felbontására szolgáló módszerré dolgozták ki, melynek jövőjét a stearin-, a szappan- és gliczerinyártásban tagadni nem lehet.

A zsírból ily módon előállított gliczerin 40—50^o/o-os; a szabad zsírsavaknak szappanná való feldolgozása is olcsóbbá válik, mert lúgok helyett az olcsóbb carbonátok használhatók.

Nagy megtakarítás érhető el azzal is, hogy nincs szükség nagy nyomásra, savakra, drága készülékekre és a kapott termék mégis elsőrangú jóságú.

Főlemlítem még, hogy, mielőtt a nevezett búvárok eljárásukat technikailag kiaknázható módszerré dolgozták volna ki, előbb különböző magvak lypáze tartalmát vizsgálták meg és úgy tapasztalták, hogy az Euphorbiaceák magvai lypázeban a leggazdagabbak. A ricinusmagvak a legalkalmasabbak a zsírbontásra, ezért ez orvosi növény termesztésére szép jövő vár.

A gliczerin és zsírsav előállítása a lypáze segítségével a következő módon történik. A feles terhet, a magnak 28^o/o-át tevő maghéjat, lehántják és ezután a magvakat szénzulfiddal, vagy nyomással ola-

* Ber. Chem. Ges. 1902., 35.

jától megfosztják. Ügyelnek arra, hogy esetleg szárításkor és a pogácsa megőrlésekor 100^o-nál alacsonyabb hő legyen, mert e hőmérséklet árt a lypázénak.

A zsír bontására az elbontandó zsírnak egy százalékát tevő örölt riczinusmagpogácsát vesznek és arra törekesznek, hogy kétszer annyi víz felhasználásával tartós emulziót készítsenek, melyhez utólag a lypolizis megindítására szükséges, tehát ép a savanyú kémhatás eléréséig, bármilyen savat, vagy oldhatatlan savanyú sót adnak.

A felbontás hőmérséklete a zsírok szerint változik, de 50^o-on alul van. A széjjelbontott zsírt préseléssel választják el a riczinusmagvaktól, melyek ismét új hidrolizálásra használhatók, bár erélyökben veszítettek. A lypázéval való dolgozás sokban hasonlít a szeszgyárakban használatos csefrezéshez, miért itt is ugyanazok az elméleti észleletek és gyakorlati tapasztalatok érvényesülnek, ha módosulva is, mint ott.

Az előadottakból kitűnik, hogy a kizárólag tudományosan megindult vizsgálatok teljesen gyakorlati eredményeket szolgáltatottak.

A fiziológiának és elméleti chemiának az ipari chemiában napról napra nagyobb tér jut, és ez az, a mi a szorosán vett tudományos és a tudományosan képzett gyakorlati embereket újabb vizsgálatra ösztönzi.

Tanulmányozzuk a fiziológiát nemcsak, hogy az élet mibenlétét, hanem azokat a legolcsóbb anyagépítő és bontó eljárásokat is megismerjük, melyek az élő szervezetben végbemennek, hogy ipari-
lag is érvényesíthessük. Az enzimek és velök rokon testek megismerésével erre némi reményünk is van. Az enzimek az újabb

megfigyelés szerint nemcsak szétbontó tevékenységet fejtenek ki, hanem szervezőt is.

Ekképen az enzimek két ellentétes irányú munkát végezhetnek. Ez az oka, hogy átalakító tevékenységek állandó körülmények közt csak bizonyos határig terjed, és, megfelelő egyensúlyi állapotot elérve, többé nem hatnak, de a körülmények változtatásával az egyensúlyi állapot is megváltozik, mikor a további bomlás vagy ennek ellentéte: a szétbontott anyagok összefűzése áll be. Ezért van az, hogy se a diasztáze, se a glukáze, se a lypáze egész quantitative nem bírja elbontani a neki adott anyagot, hanem az egyszer felbomlott anyagot az egyensúlyi állapoton túl annak a körülménynek megfelelőre visszaalakítja.

Frankland Armstrong-nak sikerült a laktáze segítségével a glukázéból és galaktozéból 35^o-on tejzúrkrot készítenie. Ez is bizonyítja, hogy a glukáze nemcsak a malátacukorból szőlőcukrot, hanem ebből a malátacukorral izomer izomaltózét is tud alkotni.

Tudjuk ma H. Castle és L. Loevenhardt, továbbá Mohr dolgozatából, hogy a lypáze a zsírt és összetett éthereket úgy bontja el, hogy a bontás termékéből, tehát savból és alkoholból újra éthereket, zsírokat bír alkotni.

Az erjedéssel foglalkozó technikusok a bor érését és az óborok étherekben való bőségét részben ez enzimre is vezetik vissza.

Bő tér nyílik még e szakban a kutatásra, mert az elért eredmények fiziológiai, valamint egészségügyi és technikai szempontból is az egész emberiségnek javára szolgálnak.

DR. HÉRIC-S-TÓTH JENŐ.



Az elektromos elemekről.

Az utolsó évtized tudományos buvárkodása az elektromos jelenségek és az egész fizika mezején talán egyetlen területet se világított meg annyira, mint azokat a jelenségeket, melyeket galvánelem néven foglalunk össze. Valóban, ha elgondoljuk azokat a reményeket, miket az elektromos elemhez fölfedezésekor fűztek, és a mik még ma sem enyésztek el, bizony csodálkozva vesszük észre, hogy a galvánelem az elektrotechnika nagy föllendítésében úgyszólván részt sem vett, vagy, helyesebben, annyira csekély részt követelt belőle, hogy az utóbbi időben alkalmazásának a köre is megcsappant. Hogy mégis foglalkozunk vele, azért történik, mert egyfelől az elektrochemia iránt érdeklődőket szeretnők felvilágosítani, hogy a galvánelem, általános szempontból fogva fel a dolgot, mennyire érdekes egy készülék, és másfelől, hogy megismertessük azokat a reményeket, melyeket gazdasági értékéhez még ma is fűznek. Voltaképen a jövő galvánelemét, a tüzelőanyag szolgáltatata elemet fogjuk fejtegetni, és a ma széltejében használt elem-formákat csak futólag érinteni.

Kezdjük mindjárt az elem meghatározásán, azt kérdeve, hogy mi az elek-

tromos elem? Az iskolai könyvek szerint: Az elem két elsőosztályú vezetőnek (fémnek vagy szénnek) egy vagy több másodosztályú vezetővel való összekapcsolása. Ez a meghatározás ennek előtte az elemről való ismereteknek valósággal megfelelt; ma azonban nagyon tág, minthogy nem mindegyik efféle összetétel szolgáltat elektromos energiát. Így egy újabb keletű angol szabadalom védelmet biztosít a szén-konyhasó-oldat-alumínium alkotta összetételnek. Ez elemről jogosan említik olcsóságát, kicsiny súlyát, a benne levő elektrolit ártalmatlan voltát stb.; csak egy hibája van, hogy elektromos áramot jóformán nem ad. Ha ez elem sarkát valamely galvanométerrel kötjük össze, csekély kiütést tapasztalunk; ha pedig elektromindító erejét, vagyis azt a nyomást mérnök, a melylyel a benne levő csekély elektromos áram az egyik sarktól a másik felé tódul, látszólag azonos körülmények közt is különböző értékeket találunk. Az efféle elemeket, és az eredeti Volta-féle oszlop is ilyen volt, nem állandó elemeknek mondták, és ma is így nevezhetnők őket, ha valami meghatározható történnék bennök. Az elektromos energia, mint az energia általa-

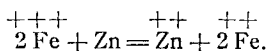
ban, nem teremthető semmiből, energiát szolgáltató folyamat nélkül; és épen a folyamat az, mely az említett szabadalmazott elembe hiányzik. Ha pusztán három anyagot: szenet, konyhasó-oldatot és alumíniumot helyezünk együvé, valami segédeszköz nélkül ép oly kevéssé indíthatunk meg folyamatot, mint ha kén-savat és nitrogént, vagy cukrot és benzolt kevernénk össze. A mi ez esetben a csekély áramot előidézi, részben olyan folyamatokra vezethető vissza, miket az oldatban levő tisztátalanság okoz, részben pedig egészen határozatlan elektrostatikai folyamatokra, melyek azonnal kimerülnek. A dolog sajátosságos tünetén, az úgynevezett ion-jelenségen fordul meg.

Ezzel azután a disszociációról felállított ismeretes Arrhenius-féle elmélet terére léptünk. Ez elmélet szerint az elektromos áramot vezető folyadékok (természetesen csak ilyenekről van szó az elembe) a feloldott részeket részben disszociált állapotban mint ionokat foglalják magukban. Az ion a molekula széteső darabjainak egy vagy több, pozitív vagy negatív elektromos részszel, az úgymondott elektronnal való egyesülése, vagy, $Nernst$ tel szólva, kémiai egyesülése. Így például a káliumszulfátból, ha vízben feloldjuk, KK és SO_4 ionok keletkeznek. Minden ion annyi elektront foglal magában, a hány valenciájú a csoport. Az elektron itt teljesen úgy viselkedik, mint az egyértékű kémiai elem. A fémeknek és hidrogénnek csak a pozitív elektronnal való egyesülését ismerjük, a metalloidek és savmaradékok pedig a negatív elektronnal egyesülnek.

Az elektronok mennyisége a gramm-aequivalensben 96540 coulomb, vagy körülbelül 27 ampère-óra, azaz: egy gramm-ion elektronjai egy ampère erősségű áramot 27 órán, vagy három ampère

erősségűt kilencz órán át stb. szolgáltatnak. Ez ionok azok, melyek az elektromosságot, tehát az elektronokat a folyadékban tovább vezetik, mihelyt a folyadékban a két drót végén elektromosságot szállító erőt működtetünk. A pozitív elektront tartalmazó ionok (az úgynevezett kation-ok) az elektrostatikai vonzást követve, a negatív, a negatívok pedig (az anion-ok) a pozitív elektród felé vándorolnak. Az ionok az áramnak illetően belépése és kilépése helyén leadják elektronjaikat, a melyek azután elválva az anyagtól, a melyhez kötve voltak, a dróton továbbfolyanak, a még meglevő atómok pedig az elektródokon maradnak. Nagyjában, mechanikailag véve a dolgot, mikor az áram valamely elektrolitban az egyik elektródtól a másikig halad, ilyen az a folyamat, mely az elektrolízisben épen úgy, mint az elektromos elembe is lejátszódik.

Sok, vagy a mint némelyek felfogják, minden kémiai reakció az ionok közt folyik le, a melyekről mint a molekula szétesésének darabjairól fölteszik, hogy a reakcióra nagyon is rátermettek. Ez értelemben a vaschlóriddnak cinkkel való redukcióját például így írjuk fel:



Mindegyik oldalon oda képzelhetjük még az odatartozó $6Cl$ -iont, a mely azonban nem vesz részt a reakcióban. A jelenség abban áll, hogy két ferri-ion-töltés átfolyik a cinkre s közben ferro-ion és cink-ion keletkezik.

Ez az ionelmélet, a mely az elektrolyte fizikai és kémiai tulajdonságait jól magyarázza, legazonnal a felállítása után módot nyújtott $Nernst$ -nek a galván-elembe végbemenő jelenségek földerítésére. Nem feszegetjük tovább ez elméletet, csak azt állapítjuk meg, hogy mi is tehát az elektromos elem. A galván-

elem oly készülék, a melyen át az ionreakciót akként vezetik, hogy az elektromos töltések kicserélődése bizonyos adott úton az elemen kívül történhetik. E célból a rendszerben két egymásra ható részének egymástól elválasztva kell lennie, minthogy különben a töltések közvetlenül a keverékben molekuláról molekulára cserélődnének ki. Hogy a főtebbi egyenlettel kifejezett reakció valamely elembe lefolyjon, csak chlór-czink-oldatot kell vennünk s czinklemezt mártani belé. Ha most óvatosan vaschlór-oldatot öntünk az oldat fölé és a czinket kicsiny izzólámpa útján kötjük össze a vaschlór oldatával, a mely célra platinalemez vezetünk a vasoldatba: ekkor a ferri-ion egyik elektronja a platinadróton és az izzólámpán át a czink felé folyik, azaz oldatba megy át, miközben a ferri-ionból ferro-ion válik. A kis lámpa világitani kezd, minthogy az elektronok a kis szénfonalka ellentállása miatt egymáshoz dörzsölődnek s ezzel izzóvá teszik.

Ennek a felfogásnak jó oldala, hogy szemléhetővé teszi a jelenséget; azonban bizonyos értelemben véve csak kívülről tekinti az ügyet. A dolog veleje itt is, mint mindenütt, az energetikai rész, minthogy az elembe is azon sarkallik minden, hogy energiát kapjunk. A technikust különösen az a kérdés érdekli: mennyi energiát szolgáltathat ez a folyamat?

Jóllehet ez a kérdés is általában ismeretes, az energetikának e közben való nagy fontossága miatt futólag mégis érinteni fogjuk. Minden folyamat, mely magától, külső erő alkalmazása nélkül történik, kifelé mechanikai munkát ad, ha a folyamat megfelelő készülékben, úgynevezett gépben folyik le. Ha a folyamatot egyetlenül irányítjuk, vagyis a gépet rosszul szerkesztjük össze, bizony a kapott munka is kicsiny és helyébe értéktelen hő jelenkezik; de, ha a vezetés

ügyes, a súrlódással és más effélével kapcsolatos veszteség elenyészően csekély, a munka természetesen öregbedik és a gép, eszményi működést tételezve fel, eléri a legnagyobb értékét. A maximumot nyilván akkor érjük el, ha a folyamat közben keletkező nyomó, vagy más erővel minden pillanatban azokat a legnagyobb erőket állítjuk szembe, a melyeket még épen legyőzhetnek. Ha ez erő csak parányival is nagyobb, a folyamat nyilván visszajáról fog lefolyni. Így tehát az a munka, melyet bizonyos folyamat, de különösen chemiai folyamat kifelé végezhet, akkor éri el a maximumát, ha a folyamatot úgy irányítják, hogy megfordítva is végezhető legyen, mikor is a legnagyobb munka független a gép berendezésétől és az úttól, melyen a folyamat lefolylt.

Természetesen azzal a föltétellel áll ez, hogy lényegében valóban ugyanegy folyamattal legyen dolgunk, azaz olyannal, a mely bizonyos kezdeti anyagból indulva ki, bizonyos végtermékig vezet. Ez a legnagyobb munka tehát minden folyamatra nézve határozott és jellemző értékű. E munkának nincs köze a folyamat hőszínezetéhez; nemcsak a hőleadással kapcsolatos, hanem olyan reakciók is munkát végezhetnek, melyek hőfelvétellel járnak. Csattanó példa erre épen az a folyamat, mely a Földön legtöbb hasznos munkát végez, nevezetesen a víz elgőzölgése hőfelvétel közben. Ez a folyamat a gőzgépben dugattyúemeléskor eléggé megfordíthatóan folyik le és majdnem a legnagyobb munkát szolgáltatja.

Az elektromos elembe is általában megfordítható, még pedig jobbadán chemiai folyamattal van dolgunk. Ebből következik, hogy a galvánelemmel az a legnagyobb munka kapható, a melyet az illető folyamat kifejthet. Az elektromos áram munkáját, mint ismeretes, az elektromos nyomásnak, vagy elektromindító erőnek

és az elektromosság mennyiségének szorzatával épen azon a módon szokták mérni, mint bármiféle áramlás munkáját is; tehát

$$\text{Munka} = \text{Elektromindító erő} \times \text{Elektromosság mennyiségével.}$$

Így a vízfolyás munkáját a víz mennyiségének és a víz nyomásának szorzományaival mérik. Az elektromosság mennyiségét, tehát az elektronok mennyiségét, az ionok szolgáltatják. A valamely elem adta elektromosság mennyisége nyilván arányos a reagáló alkotó részek mennyiségével, vagyis körülbelül az elem nagyságával. Az elektromindító erőnek azonban, melyet volttal mérünk, nincs köze az elem nagyságához, minthogy értéke egyedül a folyamat munkájától függ. Az elektromindító erő nyomásfélének kell képzelnünk, és valamint valamely folyadék gőznyomása bizonyos adott hőmérsékleten az elgőzölgő test természetétől és nem a mennyiségétől függ, — hiszen egy vízcseppnek is olyan a gőznyomása, mint a legnagyobb víztömegé, — úgy a legnagyobb elektromos elemnek is csak akkora az elektromos nyomása, mint a legkisebbé.

A például választott vaschlórid-elemben az elektromosság körülbelül két volt nyomással a vaschlóridtól a külső záró körön át a cinkhez áramlik. Elektromos munkája e közben a fentebbi meghatározás szerint $96\,540 \times 2$ volt-coulomb, vagy mintegy 20,000 kg-m, ha az elemet addig működtetnők, míg benne egy egyenérték alakult át. Ezt a munkát elektromotor segítségével igen könnyen kaptuk mint mechanikai munkát, még pedig elméletileg veszteség nélkül, gyakorlatilag pedig mintegy 5% veszteséggel. Kis gondolkodással észreveszszük, hogy ezt a munkát az elem megfordíthatóan végzi. Ha ugyanis a sarkokon olyan elektromindító erőt alkalmazunk, a mely csak

valamicskével több két voltnál, a melyet tehát az elem ereje le nem győzhet, ekkor már az elektromosság visszafelé áramlik: a ferro-só ismét ferri-sóvá, a cinkión pedig cinkké alakul át, azaz a folyamat épen a visszajáról folyik le. Ebből világos, hogy a folyamat a mondotthoz hasonló alkotású elektromos elemekben megfordíthatóan folyik le, és épen ezért kapjuk az elemmel azt a legnagyobb munkát, melyet a folyamat szolgáltat.

E szerint a galvánelem a lehető leg-egyszerűbb, mondhatni eszményi gép, mely valamely folyamatból a legnagyobb kihasználású mechanikai munkát adja. Hozzáteszszük még, hogy sok olyan folyamat van, melyre nézve a galvánelem az egyedüli elképzelhető gép a legnagyobb munka előállítására. Vannak esetek, mikor félig átbocsátó falú, elméletileg ugyan lehetséges, de gyakorlatilag teljesen megvalósíthatatlan, igen bonyolódott ozmotikus készülékek kellenének.

Ha észbe veszszük, hogy munkaadás szempontjából az olyan egyszerű folyamat is, minő a víz elgőzölgése, minő bonyolódott gépezetre szorul a gőzgép hengerében, valóban csodálkozunk kell azon az egyszerűségeen, melylyel a galvánelem dolgozik. Ehhez járul még, hogy az elem a munkát a lehető legkezelhetőbb alakban szolgáltatja, mint hogy a kapott elektromos energiát egyszerű eszközzel transzformálhatjuk, továbbvezethetjük, tetszés szerint munkává, fénnyé, chemiai energiává, és, mint minden energiát, természetesen, hővé is átalakíthatunk.

Az elmélet világánál tehát a galvánelem a legkitünőbb munkagép; de, ha a gyakorlat mezejére lépünk és kérdezzük: mit is produkált a galvánelem: bizony a felelet nagyon elüt attól a jóhiszemű prognosztól, melyet az elemről felállítottunk. Mai nap elemet csak ott használnak, a hol igen csekély energia-

menntiség előállításáról van szó, vagyis az úgynevezett gyengeáramú technikában, így a telegrafozásban és telefonozásban, és a szó tágabb értelmében vett jeladásban. Mi ennek az oka? Legnagyobb részében az, hogy az elemekben a kényelmesen lefolyó kémiai reakciók nagyon drágák. Elektromindító szempontból csak olyan folyamatok hatásosak, melyek az ionok közbenjárásával keletkeznek. Ez a lehetőség azonban nincs minden reakzióról kimutatva, és sokkal kevesebb számú reakzióról értékesítették a valóságban. Mai nap e téren csak korlátolt számú reakció közt lehet válogatni. Hogy azonban az elem azt a nagy feladatát, melyet számára az elmélet kijelöl, megoldja, olyan olcsón, vagy még olcsóbban kell dolgoznia, mint a gőzgépeknek, melyek munkáját a dinamó nagy veszteség nélkül gyűjtheti össze az akkumulátorba, a hol azután éppen olyan kényelmesen bánhatunk vele, mint az elemben.

A hógépek tudvalevőleg a tüzelőanyag elégekésekor keletkező folyamatot használják fel munka végzésére. A technikai tüzelőanyag elégekése olcsóbb, mint a Földön rendelkezésünkre álló többi reakció. Így a hógép munkája, jóllehet a tüzelőanyagot nagyon is rosszul használja ki, még mindig olyan kevésbe kerül, hogy nem ismerünk más szerkezetet, mely vele versenyezhetne. Ámde nyilvánvaló, hogy valamely elem, melyben a tüzelőanyag elégekésének folyamata megfordíthatóan, tehát a legnagyobb munkavégzéssel intézhető, valóban rátermett volna a versenyre s a munkavégzés feladatát is megoldhatná. Az úgynevezett szénelem, vagy általában a tüzelőanyag alkotta elem, melyről később szólunk, e tekintetben a jövő munkagépe lehetne.

A mai galvánelemek egyik hibája, hogy az elektromindítóul használható reakciók drágák; a másik hibájok, hogy voltaképen a folyamat a galvánelemben

sem folyik le veszteség nélkül, jóllehet e veszteség sokkal csekélyebb, mint a gőzgépben. Az elembeli veszteség is első sorban surlódásféleben jelenkezik, mint-hogy az elektrolit az áram áthaladása elé bizonyos ellentállást gördít, ez a Joule-féle hő, továbbá ott van a polározás, vagyis az elektromindító erőtt erő veszteség, mely nagyobbára úgy keletkezik, hogy az oldatok az elektródok közvetlen közelében az ionmennyiség változása következtében mindig változnak. Az elektródot ezért lehetőleg nagynak készítik, hogy a veszteség nagy felületen oszoljék el, a mivel egyúttal az elektrolit ellenállását is csökkentik. Harmadszor nagy veszteség keletkezik abból is, hogy az egyszer leirt reakciós egyenetlenek bal oldalán levő anyagok diffúzió útján egymással közvetlen érintkezésbe jutnak s az ionok töltésének egy része az elem bel-sejében kiegyenlítődik. Ennek a kellemetlen folyamatnak magától való kisülés a neve. Ez a veszteség arányos az idővel és, mint ilyen, igen fontos a mai elemekben, melyek gyenge áramokra, de hosszú időre vannak berendezve; a gyorsan dolgozó, erős áramú elemekben e veszteség kevésbbé volna fontos.

A galvánelem problémáját két különböző problémává választhatjuk szét: az anód problémájává, a hol a pozitív áram az elektrolitba belejut, és a kathód problémájává, a hol az áram az elemet elhagyja. Világos, hogy a például választott elemben a cink-czinkchlorid-oldat a pozitív töltések fölvételére alkalmas, valamely más rendszerrel volna helyettesíthető. Tegyük fel, hogy a vaschlorid oldatát rézszulfát oldatával helyettesítettük, ezzel megkaptuk a legrégibb elemet: a Daniell-félet,

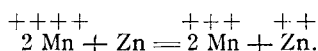
++

melyben a Cu-ion mindkét töltését a cink felé küldi és ezzel rézzé válik.

Nem kell részletesen foglalkoznunk a mai nap használatban levő elemek le-

írásával, hiszen az utolsó 20 évben a javításukra kiadott szabadalmak a régi típusokon alig változtattak. A Daniell-elemet abban az alakjában, melyet mintegy 50 évvel ezelőtt Meindinger-től kapott, nagyon alkalmazzák a telegrafiában. Az edény fenekén van a rézszulfát oldata; e fölé a cinkszulfát oldata helyett, a diafragma kizárásával, keserűsítő oldata sorakozik. Hogy a kathód oldata állandó töménységű maradjon, szilárd rézvitriol-kristályokkal érintkeznek. Elektromindító ereje 1 volt; polározása gyenge; legnagyobb hibája a jelentékeny önkisülés, melyet a rézoldatnak a cink felé irányuló diffúziója okoz.

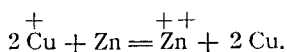
A Leclanché-elem nagyon elterjedt a telegrafiában és a telefóniában; szén-elektroódját barnakő veszi körül, az elektrolitje szalmiák, és cink az anódja. A folyamatot a következő egyenlet fejezi ki:



Ugyanis föl lehet tenni, hogy a szuperoxid részeket a Mn és (OH) burka veszi körül.

A Leclanché-elemet nagyban használják mint száraz elemet, melyben az elektrolitet valami likacsos anyag: fűrészpor, tőzgepor, gipsz és más efféle szívja fel. A száraz elem elektromindító ereje is éppen annyi, mint a Leclanché-elemé, tehát körülbelül 1.5 volt.

Ha erősebb áram kellett, arra ennek előtte a Bunsen-elemet használták; ma a Bunsen-elemet jól helyettesítheti a Lalande-féle, vagy a cupron-elem, melyben rézoxidullal átítatott rézdrótháló a kathód, nátronlúg az elektrolit, és cink az anód. A folyamat, ha fölteszszük, hogy a Cu₂O-t Cu-ionok veszik körül, a következő:

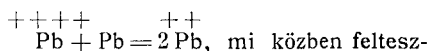


A cink cinkáttá oldódik fel, mi közben fémréz keletkezik. Az elem kathódja gyenge melegítéssel mindenkor rézoxidullá alakítható át. Az elem belső ellentállása és polározása is csekély, azért erős áramot adhat. Elektromindító ereje csak 0.8 volt, tehát Bunsen-elemeinek nem is a fele.

Említsük még a chrómsavas (szénchrómsav-czink) elemet, melyben a folyamat abból áll, hogy a cink a chrómsavat redukálja. Nagy fogyatkozása, hogy a cink közvetlenül érintkezésben van a chrómsavval, ezért a magától való kisülés elég nagy, az elem csak futólagosan használható. A cinket ez okból kihúzható és betolható alakban is készítik.

Érdekes, hogy Auer chrómsav helyett cerisó-oldatot használ, a mely cerosóvá alakulván, 2 voltnál nagyobb elektromindító erőt ad. Auere szerkezetét akkumulátornak akarja felhasználni és szabadalmaztatta.

Ezzel a galvánelemnek technikailag használható típusait kimerítettük. Miként az előadottakból kitűnik, ez a szám éppen nem nagy. A galvánelem egy idő óta nagy versenytársra talált az ólomakkumulátorban, melynek ólomszuperoxid és ólomszivacs az elektroódja, és 20%-os kénsav az elektrolitja. Ha az akkumulátor működésben van, ólomszulfát keletkezik. Az elektromosság-szolgáltatás folyamata a következőleg írható:



mi közben felteszszük, hogy éppen úgy, mint a mangánszuperoxid elektroódon, a pozitív elektroódon ólom-ionok vannak. Az előbb leírt típusokban a folyamat megfordíthatóan történik ugyan, de nem elég gyakorlatian; ugyanis bizonyos okok miatt, mikre ki nem terjeszkedünk, az elektromos elemben végbemenő folyamatot elektromos energia hozzáadásával meg nem semmisíthetjük. Ez azonban igen tökéletesen

sikerül az akkumulátorban, melyben a kezdeti állapotot a folyamat kimerülése után töltéssel újra helyreállíthatjuk és ekkor is csak 20% veszteséget kell számításba venni.

Kétségtelen, hogy az ólomakkumulátor a galvánelemnél előbbre való mindenütt, a hol erősebb áramot kívánunk, és a hol a töltése nagy nehézséget nem okoz. Meg is találjuk az akkumulátort a nagy városok telegráf- és telefon-központjaiban, sőt újabban a messzire telefonozás csatlakozó helyein is. Laboratoriumbeli munkára, a hol mindenkor erősebb áram kell, akkumulátort használunk még akkor is, ha töltése elemekkel történik. Az akkumulátor, tekintve elenyészően csekély benső ellentállását, kitűnő depolarizációját és magától való csekély kisülését, mindenkor majdnem teljesen állandó elektromos feszültségű áramot szolgáltat és tartóssága is, a hol a végsőig nem feszítik, kitűnő.

Sajátságos körülmény, hogy az összes elemek anódja cink; ajánlották ugyan helyébe az elektronegatívabb berylliumot és magnéziumot, mint a melyek nagyobb elektromindító erőt adnának. Ámde e fémek drágábbak, és mivel elektronegatívak és nem nemes fémek, maga az elektrolit áramszolgáltatás nélkül is hamar megtámadná őket. Sokszor és sokan gondoltak már az alumíniumra; de az alumíniumot sem lehetett az elektromos elemben oxidáltatni; ugyanis az alkáliás elektrolitokban magától felolvad, ha pedig más elektrolitot használnak, a pozitív áramot nem bocsátja az elektrolitba, mert azonnal oxidáló réteg lepi el. Az az alumíniumszen-elem, a mely, mint említettük, angol szabadalmat kapott, bizony igen nagyon szerencsétlen szerkezetű. Az ellenállásbeli nagyobbodás az alumínium-anódon nagyon szembeötlő akkor, ha nátriumfoszfát az elektrolit. Ha úgy állítjuk össze az elemet, hogy alumínium

legyen az anódja, ólom vagy más fém a kathódja, és nátriumfoszfát az elektrolitja, a szerkezet az áramot át nem bocsátja; de, ha az áram irányát változtatjuk, az oxidréteg sajátságos módon áttöretik és az elem észrevehető ellenállást nem fejt ki. Az efféle elemek érdekesen használhatók, ha t. i. a váltakozó áram körébe csatlakoztatjuk őket, minthogy az összes áramlökéseket, melyek az ólomtól az alumínium felé haladnak, beeresztik, de az ellenkező irányukat be nem bocsátják. Ez elem tehát mint valami visszacsapó szellentyű működik az elektromos árammal szemben; ilyen áram-szellentyű ügyes felhasználásával már is elérték, hogyan kell csekély veszteséggel a váltakozó áramot egyirányú árammá alakítani át, a mi a technikára nagyon fontos, bár még nem egészen kifogástalan.

Több mint valószínű, hogy a galvánelemen akár szerkezeti úton, akár más folyamatok bevonásával javítani fognak; ámde fontos munkaforrássá s gazdasági tényezővé csak mint tüzelőanyag szolgáltatata elem válhatik a galvánelem. E téren két lehetőség van; a tüzelőt először a levegővel együtt lehetne elégetni, azután pedig valamely olcsó oxidáló anyaggal, teszem vasérczczel. Ily elem megfordíthatóan dolgozó magas kemenczévé válnék, melyben az elektromos energián kívül értékes vas- és szénoxid mint melléktermék keletkeznék. Eddigélé még nem tettek kísérletet e gondolat megvalósítására.

A tüzelőanyag szolgáltatata jövő elemnek az volna a rendeltetése, hogy a drága berendezést (tüzelés, kazán, gőzgép, dinamó stb.) kiszorítsa és a lehető legnagyobb munkát szolgáltatassa. A tüzelőanyag szolgáltatata elem szerkesztésére irányuló kísérletek nagyon szerények, mint hogy egyetlen javasolt készülékről sem mutatták ki biztosan, hogy a benne keletkező csekély elektromos energia valóban a

tüzelőanyag elégésétől származik. Lássuk a fontosabb javaslatokat.

F a r d a y volt az első, a ki oldódó elektródul szénét javasolt; az ő gondolata azonban, hogy elektrolitúl olvasztott ólomoxidot használjunk, nem vált be, minthogy az ólomoxid, a szénnel érintkezve, hasznos áram nélkül redukálódik.

Érdekes az amerikai J a q u e s szén-eleme 1896-ból, melylyel roppant nagy szelet csaptak; van benne maró-nátron olvasztott állapotban, az anódja szénrúd, a kathódja közönyös vas, a melyre levegőt fujtatnak. A feltaláló szerint egy ily elem 1 volt feszültség mellett 150 ampère-t szolgáltat, a mi azonban nem igaz; az elemet többször megvizsgálták és kitűnt, hogy alig észrevehető az árama. Egyúttal az is kitűnt, hogy e hibás szerkezetű elemnek is lehet némi jövője; ugyanis a levegő hatására az olvadékban magasabb oxidációjú vas képződik, a mely töltését a közönyös vaselektrodon át a szénelektrod felé irányítja, épen mint a vaschlorid-czink-elemben tapasztalható.

A jövő elemének elektromosságvezető szénre mint elektródra van szüksége; mint ilyen csak a koksz és a grafit vehető figyelembe. Ámde a koksz a tisztátlanságtól nem ment, és a kevés tisztátlanság is nagy hatással van az elemre, mit az akkumulátoron annyiszor tapasztalni. Nagyobb kilátásuk van a sikerre az olyan elemeknek, melyeknek tüzelőanyaga gáznemű, például szénoxid, erőgáz, világító gáz stb. volna, minthogy a gáz a tisztátlanságtól könnyebben megszabadítható, és különben régóta ismeretes és jól is működik, mint Grove-féle hidrogén-oxigén gázelem, melynek elektromindító ereje 1:1 volt.

B o r c h e r Aachenben sokat foglalkozik e tárggyal, és megkísérelte a szén-oxidot akként égetni el, hogy rézchlorür

oldatát választotta elektrolitnek, az anódra csőalakú közönyös fémelektroddal szén-oxidot vezetett oda, a kathódra pedig ugyanolyan módon levegőt.

E d i s o n 1892-ben nagy zajt ütött volt az ő »szénelemével«, melynek elektrolitja ólomszuperoxid, egyik elektródja szén, a másik pedig a fölfedező titka volt; E d i s o n az elektrotechnika átalakítását jósolta ekkor, de az elem működéséről egészen elhallgattak.

Az újfajta elemek szerkesztésében eddigelé csak egy gondolat nevezhető szerencsésnek: a tüzelőanyag és az oxigén ne közvetlenül, hanem valamely más reakció közbenjárásával kezdje meg a munkáját. A oxigén számára két ilyen reakció is van; nehezebb a dolog a tüzelőanyaggal, a mely közönséges hőmérsékleten annyira lassan indul működésnek, hogy úgyszólván nincs is redukáló hatása. Minthogy a tüzelőanyaggal való redukálás magasabb hőfokon nagyon gyors, azért a tüzelőanyagú, forró elemnek lehet szép jövője, minthogy magas hőmérsékleten a depolarizáció is hevebb és a vezetőképesség jobb.

Ily szempontból megfelelne talán a következő összetétel: olvasztott ólom, nátriumcarbonát, diafragma, nátriumferrát olvasztott nátronhidrátban, passzív, tehát közönyös vas elektróddal. Működésekor az ólom carbonattá, a ferrát feritté válnék. Valami tüzelőanyagtól a carbonát széndioxiddá és ólomra redukálnék, ugyanakkor a kathódon a levegő befúvására ismét ferrát keletkezhetnék. Minthogy a regenerálás ez elemben nem megfordítható, a munkavesztés itt is nagy volna. Különben ma még nem ismerünk diafragmát, mely az oldódó alkáliáknak ellen tudna állani. Föltéve, hogy a nagy veszteség nem volna akadály, a D a n i e l -elemet szintén föl lehetne használni az égés közvetítésére; ugyanis a benne képződő czinksulfát szén segítsé-

gével czinkké és kénsavvá alakítható, viszont a keletkező vörös réz a kénsavtól és a levegőtől rézsulfáttá válnék s az elem szenet és oxigént fogyasztva, energiát szolgáltatna.

Az előadottak alapján kimondhatjuk, hogy valóban lehetséges olyan elem, melyben a tüzelőanyag elégeése munkát fejleszteni; csak hogy technikai nehézségek: belső ellenállás, polarizáció,

magától való kisülés, továbbá tisztátlan-ság, esetleg a tartós diafragma készítése, végül a berendezésnek és fentartásnak nagyon is költséges volta, mind olyan okok, melyek a feladat megoldását súlyosbítják. De hát a mi az első száz év alatt nem volt lehetséges, a másik száz év folyamán megvalósulhat. (A »Chemische Zeitschrift« 1903. évi 12—14. füzeté nyomán.)

Cs. L.

TERMÉSZETTUDOMÁNYI MOZGALMAK.

Az élet megállapítása elektromos úton. Waller Ágost módszert gondolt ki, melyet a szemgolyóra, a bőrre, magvakra alkalmazott, annak megállapítása végett, van-e élet valamely szerves szövetben, vagy nincs. A módszer alapja az, hogy élő anyagon bizonyos elektromos visszahatások mutatkoznak, melyek a nem élőkön nem jelennek meg. Waller a módszert újabban a tyúktojásra alkalmazta, hogy megtudja, mely pillanattól kezdve mutatkozik a megtermékenyített és költésnek alávetett tojásban az életnek kétségtelen jele. Vizsgálatainak eredménye röviden összefoglalva a következő:

Az 1. sz. tojásán (24 órával a költés megkezdése után): gyenge visszahatás.

A 2. sz. tojásán (48 óra múlva): hasonló, de tisztábban észrevehető visszahatás.

A 3. sz. tojásán (48 óra múlva): jól észrevehető, sokkal határozottabban mutatkozó visszahatás, mint az előbbi esetben. A különbség abból magyarázható, hogy a második esetben a vér pályája az erekben csak épen mutatkozik, a harmadikban pedig már jól ki van fejlődve és hogy a szív a tojáscsíra kivétele után még több mint 12 óra múlva is dobogott. A kifejlődés foka a két tojásban nagyon

különböző, s innen a különbség a visszahatásban.

A 4. sz. tojásán (72 óra múlva): tisztán észrevehető visszahatás.

Az 5. sz. tojásán (szintén 72 óra múlva): semmi visszahatás sem mutatkozik. A kísérlet többszöri megismétlésekor sem látszott semmi. A tojás feltörésekor mindez érthetővé válik. A tojásban semmiféle fejlődés sem mutatkozott. A megtermékenyítés hiányzott, vagy hatástalan volt.

A hosszabb idő múlva megvizsgált tojások mind visszahatást tanúsítottak, kivéve egyet, melyet a költéstől számítva a 12. napon vizsgáltak meg. Midőn a tojást feltörték, itt is érthetővé vált a dolog: a tojás megzápult volt.

Végeredményben tehát a kivételek megerősítik a szabályt és a szabály az, hogy a visszahatás, mely az életet jellemzi, a tojásban már a fejlődés legelső idejében is mutatkozik, ellenkezőleg pedig hiányzik, ha fejlődés nincs, vagy ha megakadt. (Revue Scientifique. 1903.)

Cs. J.

Újabb vizsgálatok az elektronról. A láthatatlan elektromos sugarak vizsgálata, melyet Hertz Henrik szerencsésen megindított, Lénárd és Rönt-

gen népszerűvé tett, már is fontos eredményeket hozott a fizikában és chemiában. Kitünt, hogy a kathódsugarak a szabad negatív elektromosságnak az éterben való mozgásai, ha a negatív elektromosság sem fémhez, sem pedig elektrolitikus vezetőhöz kapcsolva nincsen. Az elektromos energia szoros kapcsolatban van a legkisebb tömegrészecskékkel, a chemiai energia pedig az atomokkal. Valamely elektromos mennyiség testileg, és mint minden test atómilag osztott. A negatív elektromosságnak a legkisebb részecskéi azonban sokkal kisebbek az atomoknál, minthogy a szabad elektron súlya a hidrogén-atom súlyának alig az ezredrésze. *Kaufmann* és *Abraham* fölfogása szerint ez a tömeg is csak látszólagos; szerintök az elektronnak nincsen súlya, csakis megfelelő elektromágnesi hatása. A negatív elektromosságnak illetén súlytalan, de atómilag mégis tagozott és a valódi elem valenciájával rendelkező egységeiben új elemet kell látnunk, a mely chemiailag valamely redukziós anyag módjára viselkedik. A negatív elektronoknak pozitív elektronok felelnek meg. *Wien* szerint a pozitív elektronok azokban a sugarakban nyilvánulnak, melyek valamely vákuumcső anódjáról a kathódjára vándorolnak és ezen át kilövelődnek. A pozitív elektron tömege nagyobb, mint a negatívé, s körülbelül a hidrogén-atom nagyságával egyezik. Kétséges még, vajjon a pozitív elektronok is az anyagnak valamilyen új fajtáját alkotják-e, vagy pedig a már ismert pozitív ionokkal azonosak.

G. C. Schmidt megvizsgálta a pozitív elektronok oxidáló hatását; kitünt, hogy a pozitív ionok csak akkor hatnak oxidálólá, ha oxigént tartalmazó térben vannak, ha pedig a tér hidrogénnel van tele, hatásuk egyedül redukálásban nyilvánul. Ugy látszik tehát, hogy a pozitív, vagyis az úgynevezett

csatorna-sugarak csak széthasítólágnak az elemi gázakra.

J. Stark érdekesen tárgyalja, hogy minő viszonyban vannak az elektronok az elektromossági vezetőhöz és az elektrolitikus disszociációhoz a gázokban, fémekben és oldatokban. A ponderábilis elemek atómjai nem osztatlanok, mint hogy egy vagy több tömegrészecskét negatív elektron alakjában leválaszthatnak a hátramaradó rész a pozitív ion. A negatív elektronok a közönyös atomokról legkönnyebben válnak le az alkáli fémekben, és legnehezebben a halogéneken; viszont a halogének könnyebben veszik fel a negatív elektronokat, mint az alkáli fémek. Erre a folyamatra vezethető vissza a chemiai egyesülés a disszociált és nem-disszociált állapotban. Minthogy a fémek a negatív elektronokat igen csekély erővel tartják vissza, ezért vándorolnak olyan gyorsan a fémekben, ez magyarázza a fémek ismert vezetőképességét.

Köthner szintén foglalkozott az atomok, ionok és elektronok közt levő különbséggel; ő is fölteszi, hogy az elektronok az ionok hasadásából keletkeznek; szerinte a Becquerel-sugarakat lövelő anyagok sugárzása az elektronoknak a ponderábilis anyagokról való leválásán alapszik. Hasonló nézeteket vall *MacKenzie* is. Közel fekvő ennek következtében a gondolat, hogy a sugárzó anyagok a folytonos kilövelés következtében súlyukból veszítenek; valóban *Heydeweller* egy radium-készítményen tetemes súlyvesztést talált, melyet másként magyarázni nem tud. Csak az a kár, hogy e tárgyban más bizonyítékok hiányzanak még. (*Chemische Zeitschrift*, II. 13. f.) Cs.

A szilárd hidrogén tulajdonságai. Ismeretesek *Dewar* kísérletei, melyekkel eddig a legnagyobb hideget elérte és a különböző gázokat folyósította. Különösen a hidrogénre mint szilárd testre

voltak kíváncsiak a tudósok. Dewar szilárd hidrogénre úgy tett szert, hogy cseppfolyó hidrogént 50 mm nyomáson folyékony levegővel hűtött és részben elpárologtatott. A szilárd hidrogén megolvad, ha a rája nehezedő gőz nyomása 55 mm és ha a hőfok az abszolút 0 foktól (-273°C.) számítva $16-17^{\circ}$. A hidrogén kritikus hőmérséklete $30-32$ abszolút fok.

A szilárd hidrogén nem fémi természetű, fehér színű test, jóllehet magatartásából erre lehetett következtetni, sőt a kémiai kézi könyvek is így tanították.

Dewar ebbeli tapasztalatát megerősíti Moissan is, a ki úgy találta, hogy a hidrogén a káliummal fény kíséretében nem fémes, fehér anyaggá egyesül. Kitűnt továbbá, hogy a strontium-hidrür (SrH_2) is fehér test, melyet a chlór hidegben meg nem támad, a mely száraz levegőn meglehetősen állandó és csak vörös izzáson ég el lassanként. Moissan szerint a nátrium-hidrür sem fémi természetű test, a mely átlátszó, rendkívül változékony NaH kristályokat alkot, melyek oxigénben 230° -on elégnak. (Chemische Zeitschrift II., 3. sz.) L.

Mesterséges gyémánt. Moissan elektromos kemenczével elvben megoldotta a mesterséges gyémánt készítését. Az elektromos kemenczében levő nagy hőmérsékleten vasat carboniummal telí-

tett és ezt a keveréket a tömeg belsejének hirtelen lehűtése okozta nagy nyomással kristályosította. Hoyer mann ugyan ezt a czélt egyszerűbben érte el; körülbelül 2 liter úrtartalmú grafitgelyt finom grafittal, továbbá a Goldschmidt-féle eljárásból ismeretes vasoxid és alumínium-por keverékével töltött meg, a mely pl. bariumchlorát és magnézium-reszelékből készült gyujtóval meggyujtva a szerföleött magas hőfokon a carbonium oldóanyagát, az olvasztott vasat szolgáltatta. Mikor az anyagot vízzel gyorsan lehűtötte, szabad szemmel észrevehető gyémántszemeket kapott.

Még ennél is érdekesebb és a gyémánt természetes előfordulásához közelebb álló a Hasslinger eljárása. Hasslinger olyan olvadékokat használt, a mely százalékos összetételében a gyémánt anyagközetével egyezett, de a magnéziát és az agyagot egyértékű magnésium és alumínium helyettesítette. Oxigént szolgáltató pótléku vasoxidot használt. A carbonium grafit alakjában mint az olvadéknak $1-2\%$ -a került a keverékbe. A keveréket addig hevítette, míg csak meg nem olvadt; mikor a megolvadt anyag a rendes nyomáson lassanként megmerevedett, teljesen víztiszta és átlátszó, mintegy 0.05 mm nagyságú gyémántok voltak benne. (Chemische Zeitschrift, II. 9. sz. L.

Megjelenik évenként
négy füzetben, há-
rom nagy nyolczadrét
ívnyi tartalommal;
időnként szövegközi
ábrákkal illusztrálva.

PÓTFÜZETEK
A
TERMÉSZETTUDOMÁNYI
KÖZLÖNYHÖZ.

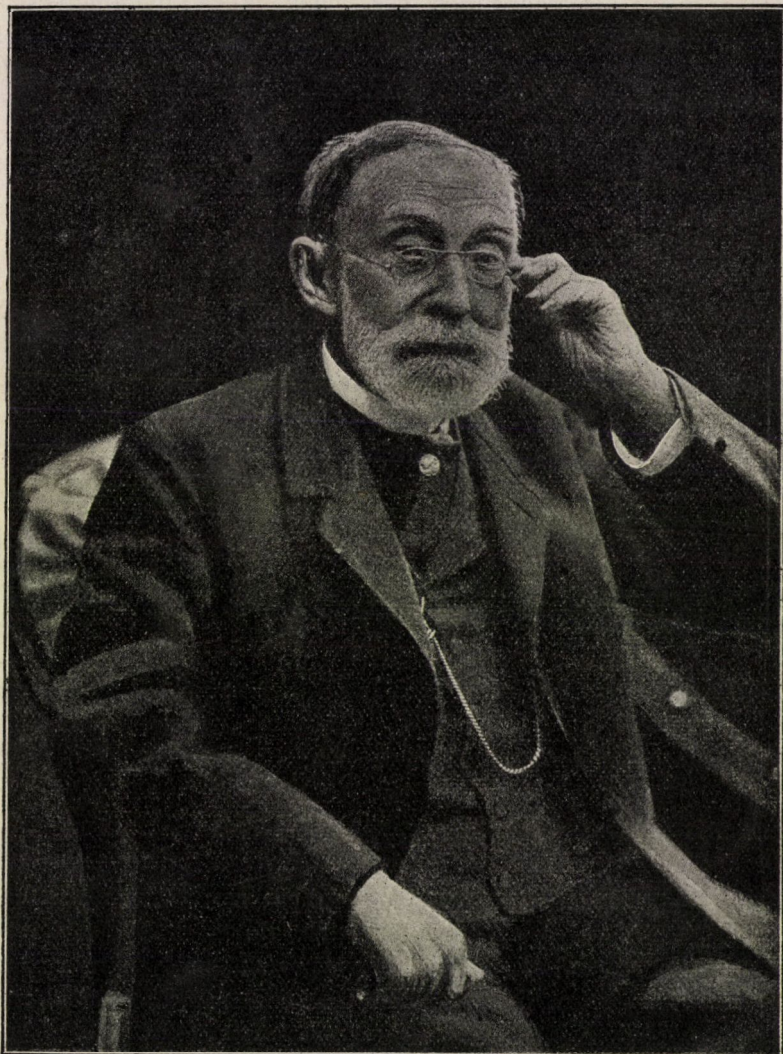
ÉV NEGYEDES FOLYÓIRAT.

E folyóiratot a tár-
sulat tagjai évi 2 K.
ráfizetéssel kapják;
előfizetési ára, a Ter-
mészettud. Közlöny-
nyel együtt, 12 K.

XXXV. KÖTETHEZ.

1903. AUGUSZTUS

3. PÓTFÜZET.



VIRCHOW RUDOLF.

Virchow Rudolf.

Virchow Rudolf, ki a XIX. század orvostudományát átalakította és lángszelleme bélyegét rányomta a biológusra s az embertanra, 1902. szeptember 5-én hunyt el.

Letűnt világjelenség előtt állunk, megigézve szellemének nagyságától, bámulva e törékeny szervezet csodálatra méltó alkotásait, Goethe-ével versenyző sokoldalúságát, páratlan szorgalmát.

Virchow nemcsak tudós volt, kinek művei tudományos forradalmat idéztek elő, nemcsak tanár, kit joggal illet meg a praeceptor per orbem név, hanem szabadszelleme és széles látókörű politikusa, a közjólét előmozdításán fáradozó higienikus; éles eszű bíráló, ki, ha kell, támad s ront; szelid lelkű, jóságos aggastyán, a gyermekek, a szegények s elnyomottak »jó Virchow«-ja.

Hogy munkájának jelentőségét átértsük, ismernünk kell a körülményeket, melyek között élt s alkotott.

A múlt század közepe táján az orvostudományok — különösen Németországban — elhanyagolt állapotban voltak. Egyesek ugyan Morgagni nyomdokán, helyes úton haladnak (Schoenlein, Skoda), a nagy többség azonban nem tudott felszabadulni a régi hagyományok, a természetfilozófia és a tekintély bilincsei alól. A módszeres vizsgálatokat csaknem teljesen elhanyagolták s megfigyelés helyett spekulatív szellem vezette a kutatókat.

A helyzet tarthatatlanságát egyesek csakhamar be is látják. Johannes Müller félreteszi a tekintélyt, elveti a spekulatív iskola elveit s a természettudományok kutatásában célra vezetőnek egyedül a pontos megfigyelést, észlelést tartja (úgynevezett természettudományi iskola). Ez iskolából kerül ki Theodor Schwann, a ki az állati és növényi szervezet növekedését azonosnak tartja s bebizonyítja, hogy mindkettő a sejtek millióiból áll.

A Johannes Müller és Schwann jelezte irányban halad Virchow. Józan kritikával bírálja a régi felfogásokat s a mi jót talál, megtartja, a további vizsgálódás eszközéül pedig a szigorú megfigyelést jelöli meg. Munkájának orvosi része végeredményében a betegség fogalmának közelebbi megismerése. Morgagni a szerveket tartja a betegség székhelyének, Virchow pedig kimondja, hogy a betegség a szövetekben és a sejtekben lefolyó elváltozások következménye s rámutat, hogy a betegség nem idegen, önálló valami, hanem megváltozott életműködés.*

* V. ö. Ribbert, Virchow als Begründer d. Cellular-Pathologie. Deutsche med. Wochenschrift 1901, 41. sz. és Weichselbaum-Zuckerkaudl cikkét a Berl. klin. Wochenschrift-ben 1901, 41. sz.

Virchow Rudolf Lajos Károly 1821. október 13-án Schivelbeinben, Pommerániában született, hol atyja kereskedő volt. Első tanulmányait szülővárosában, a gimnáziumot Cöstlinben végezte. Mint középiskolai tanuló alapos nyelvismereteivel vonta magára tanárai figyelmét.

A természettudományok iránt való hajlama is korán megnyilatkozott s mikor gimnáziumi tanulmányait befejezte, az alig tizenhét éves ifjú az orvosi pályára lépett s a Frigyes Vilmos nevét viselő katonai nevelőintézetbe vétette föl magát.

Ha voltak is ez intézetnek hibái, el kell róla ismerni — mondja Becher — hogy kevésbé tehetős, de igyekvő növendéknek megadott minden módot alapos szakképzettség elérésére.* Az intézet vezetősége élénk figyelemmel kísérte növendékei hajlamait s ha valamely specialis természettudományi ág iránt különös szeretetet tanúsítottak, módot nyújtott nekik a továbbképzésre még az esetben is, ha az illető szakma nem vágott a gyakorlati orvostudományok körébe. Csak így volt lehetséges, hogy ez intézetből a nagyok egész sora került ki, a kik között ott látjuk Meyen, Reichert, Helmholtz, Virchow, Leyden, Gaffky, Gärtner és Hueppe nevét.

Egyetemi tanulmányai alatt döntő hatással volt reá Johannes Müller és Schoenlein.

Johannes Müller, a »minden idők legnagyobb biológusa« — mint őt Waldeyer jellemzi, ellentétben a régi »jurare in verba magistri« elvével, nem dogmákat tanít, hanem *módszeri*, melynek eszköze a pontos megfigyelés, végcélja pedig az igazság földelítése. Körötte látjuk csoportosulni az orvos-természettudományok későbbi reformátorait: Schwann-t, Helmholtz-ot, Du Bois Reymond-ot, Brücké-t, Virchow-ot, Graefé-t, Haeckel-t, Lieberkühn-t és Schultzé-t.

A másik mester Schoenlein, kinek jelszava »kevés szisztéma, sok tény«; áldásos hatását Virchow 1865-ben maga** is hálával ismeri el.

Virchow egyetemi tanulmányainak ideje arról is nevezetes, hogy a sejttan megalapításával esik össze; az egész tudományos világot Schleiden és Schwann tanítása tartja forrongásban: ekkor jelenik meg Schleiden tudományos növénytana, melynek szellemi légkörében nőtt búvárrá Virchow (Becher). S az új, a sejtekről szóló tanítás nemcsak a tudós világ figyelmét köti le, hanem a hallgatóság érdeklődését is. Johannes Müller is tartózkodás nélkül fogadja el és tanítja a sejtelméletet; nem csoda, ha az akkori nemzedék, mint Virchow

* W. Becher, »Rudolf Virchow. Eine biographische Studie«. II-te Aufl. Berlin, 1894.

** Gedächtnissrede auf Johann Lucas Schoenlein. Berlin, 1865.



később önmagáról írja, »már korán megtanult a sejttan szellemében gondolkodni«.

Alig végzi be egyetemi tanulmányait, rövid időre doktorrá avatása után, 1844-ben Grimm vezértörzsorvos ajánlatára a Charité-kórház bonczoló főorvosává, Froriep asszistensévé nevezték ki. Virchow aligha szerezhette volna gondolkodásmódjának, tudományos hajlamainak jobban megfelelő s tágabb teret, mint milyen a kórboncztan. Hozzá még érintkezésben marad a gyakorlati szakokkal is, mert, mint a Charité asszistensét, őt bízzák meg az osztályokról kikerülő kóros termékek chemiai és mikroszkópi vizsgálatával.

Majd, mikor Froriep 1846-ban családi körülményei miatt visszavonult, Schoenlein ajánlatára Virchow-ra bízzák a prosectura vezetését. Ebbeli minőségében kezdi meg Virchow tanítói pályáját, s 1846-ban tartja az első kurzust egy csoport hasonló gondolkozású fiatal orvosnak, kikről büszkén mondja később, hogy »pályájokon csaknem valamennyien meghaladták a közepszerűt«.

1847-ben a kóros csontképződésekről írott dolgozata alapján magántanári képesítést nyer. Ekkor már Traube, Leubuscher, Reinhard és Mendelsohn társaságában látjuk: ez az úgynevezett *berlini iskola*, melynek eleinte Traube, majd Virchow volt a vezetője. Tanaik terjesztésére Traube egy rövid életű folyóiratot alapít; e folyóirat megszűntével indítja meg Virchow az ő Archiv-ját, mely párját ritkító vállalatnak vagy ötven évig becsülettel állott élén, nemcsak mint szerkesztő, hanem mint főmunkatárs is. Álláspontja, a tiszta természet-tudományi — mondja az Archiv előszavában — a theoretikai fölfedezések gyakorlati alkalmazása s a *kísérleti kórtan* törekvéseinek ideálja. A kórboncztanban s a gyakorlati orvostudományokban felmerülő kérdéseket csak a kísérleti kórtan segélyével lehet megoldani; kell azonban, hogy a felmerülő kérdések alapját széleskörű anatómiai és klinikai tapasztalatok alkossák s csak ily tapasztalatokon fog felépülni a *valódi elméleti orvostudomány, a pathofiziológia*. Ezekben foglalja össze törekvéseit.

Eddigi szűk, tisztán tudományos működése köréből a felső-sziléziai járvány a nyilvánosság terére viszi. Az 1847-ben pusztító felső-sziléziai éhínség okainak tanulmányozására kiküldött Barez egészségügyi tanácsoshoz tudományos kísérettel Virchow-ot jelölték ki. »A járványok hosszú sora folyt le szemem előtt — írja ő maga — s okaikat hivatalos küldetésben kellett tanulmányoznom. Háború, éhínség és döghalál voltak elmékedéseim tárgyai s a velök való foglalkozás döntő hatású volt arra a magatartásra, melyet a nyilvános életben később tanusítottam. Ez irányította a gyakorlati politika felé figyelmemet s ennek köszönhetem, hogy polgártársaim figyelme rám irányult, mikor fontos közérdekű kér-

dések megoldásáról volt szó: ezek juttattak hivatalos állásba, melynek révén egyről-másról beleszólhattam a kormány és törvényhozás dolgaiba.«

A járvány tanulmányozása meggyőzte, hogy csak a Felső-Sziléziában uralkodó nyomasztó gazdasági viszonyok között ölthetett oly nagy mértéket. Alkalmi okát az időjárás következtében megromlott burgonyának, mint főtápláléknak fogyasztásában, meg nem gátolhatóságát pedig a szellemileg s anyagilag tönkrejutott nép éhinségében találja. »Szabad s művelt népet, mely hozzá még tehetős, a járvány ily mértékben meg nem tizedelhet.« E felfogásnak megfelelő volt az eszköz is, melyet a járvány megszüntetésére s a jövőben való elkerülésére ajánlott. Szabadság kell az elnyomott népnek, demokratikus kormányzat, mely a felvilágosodásnak s a népnevelésnek áll szolgálatában: ez az egyedüli célra vezető mód a hasonló járványok elkerülésére.

Ez idő azonban nemcsak tudományos, hanem politikai forradalmat is jelent a történelemben (1848/49). Virchow jól fogta fel a márcziusi napok jelentőségét; megértette, hogy e napok a józan kritika harcát jelentik a tekintély túlkapásával szemben, a természettudományok küzdelmét a dogmákkal s hogy az örök jog szállt küzdőterre az emberi önkény ellen. Midőn mások jogi reformokat létesítenek, ő a közegészségügy demokratikus alapon való újjászervezését követeli. De ez eszmét hirdetik már doktori értekezésének szavai is; »csak szabad gondolkodású ember alkothat helyes fogalmat az orvostudományokról.« Birodalmi egészségügyi miniszterium szervezését kívánja, az egész német birodalomra érvényes közegészségügyi törvényeket sürget s követeli a miniszteriumtól a független közegészségügyi fórum megalakítását.

Demokratikus felfogása, az az őszinte egyeneslelkűség, melylyel elveit hirdette, de különösen az éhtifusról irt jelentése, nagy visszatezésre talált a kormánynál. Elveit, ajánlatát republikánus rajongásnak bélyegzik. Ám a jövő Virchow-nak adott igazat!

Önálló tudományos munkálkodását Virchow igen korán kezdette meg és mikor más még a kezdet nehézségeivel küzdve, az első szárnypróbálgatásokat teszi, ő már mesterműveket alkotott.

Még 1846-ban bizta meg Froriep a vena-gyuladásról szóló tan átdolgozásával. Munkája közben számos, megoldásra váró tudományos kérdés merül fel előtte. Így keletkeztek egymásután és egymásból folyólag a vérmegalvadásról, a thrombosisról, emboliáról stb. írott dolgozatai s vagy ötven évvel ezelőtt jós szemmel utalt reá a fehér vérsejtek rendkívül fontos szerepére a szervezet életében. Vizsgálódásai közben terelődik figyelme a fehérvérűség, mint önálló megbetegedés felé, melynek főjellegvonásait ő állapította meg.

Kutatásaival ellentétbe került a régi iskola krízis-tanával s főképviselőjével, Rokitsky-val. Virchow helyzete nehéz volt: Rokitsky-

tansky európai tekintély a kórboncztan terén, az ő neve pedig csak szűkebb körben ismert; mindamellet nyíltan támadja meg munkájáról írott bírálatában.

Örömmel fogadja ugyan az ellenfél mesteri kórboncztani leírásait, kellő alapot nélkülöző, merész hipothézisei ellen azonban síkra száll s figyelmeztet, hogy a hipothézisek joga a tudományban csak ideiglenes, átmeneti. Az ő szellemét Rokitansky makroszkópi kórboncztana ki nem elégíti; hangsúlyozza a mikroszkópi vizsgálatok fontosságát. Az orvostudományok előbbrevitelének legfontosabb eszközéül a mikroszkópot jelöli meg, miért is joggal mondja őt Orth* a kórboncztani mikroszkópia megalapítójának. Utal arra is, hogy a morfológia egyedül nem vezet célra az orvostudományok nagy problémáinak megoldásában. Igaz ugyan, hogy az orvosi gondolkodás alapja csakis kórboncztani lehet, de nem téveszti szem elől, hogy holt anyagból az élőre helyes következtetéseket vonni nem lehet. Hogy ezt megtehessek, *kísérleti kórboncztanra* van szükségünk.

A Rokitansky ellen intézett heves, de jogos támadás végeredménye az, hogy az elismert nagy mester maga is az új felfogás, a sejt-kórtan híve lett.

Nem volt ily szerencsés Virchow az éhtifuszról írt jelentésével: nyílt színvallása a kormánynyal szemben azt eredményezte, hogy el kellett hagynia Berlint, mert állásától felfüggesztették. Ezért engedett a würzburgiak meghívásának (1851), hol a hasonló gondolkozású Rinecker, Textor, Bamberger és Kölliker fogadta.

Azonos törekvéseik megvalósítására alakítják a würzburgi orvos-természettudományi társulatot, melynek elnöke Kölliker, titkára Virchow lett. E társaságban nemcsak orvosok, hanem chemikusok és fizikusok is vannak. Kölcsönösen termékenyítőleg ható eszmecseréik gyümölcsekép tekinthető Virchow-nak az amyloidos elfajulásról írott dolgozata. Különben is a würzburgi tartózkodás (1851—56) Virchow tudományos munkálkodásának igen szerencsés periodusa.

Ez időben fedezi föl a csont és porc sejtes alakelemeit, a spessarti éhinség tanulmányozása pedig megerősíti Hátsó-Pommerániában szerzett tapasztalatait. Behatóan tanulmányozza a tuberkulózist, a daganatokat s az angolkórt. Az anthropologia iránt való, korának előhaladtával növekvő rokonszenve würzburgi tartózkodása alatt a kretinizmusról, a kóros koponyaalkatokról s a koponyaalap fejlődéséről írott alapvető dolgozataiban talált először kifejezésre. Különösen legutóbbi műve érdemel említést, melyben tudományos, anatómiai alapot ad az anthropológiának.

Würzburgi tanulmányai közben látja be Virchow a blastema-elmélet tarthatatlanságát s ez idő alatt érlelődik meg benne, hogy a sejtek

* R. Virchow. Gedächtnissrede. Berl. Klin. Wochenschrift 1902. Nr. 44.

csak sejtekből keletkezhetnek. A régi felfogás, a blastema-elmélet szerint ugyanis a sejtek szabadjára, alaktalan anyagból, Sch w a n n hasonlatával élve, a kristályokhoz hasonlóan keletkeznek (ú. n. organikus kristályképződés). E tannak alfája és omegája a generatio aequivocá-ban (östermődés) való föltétlen hit volt. De az »omnis cellula e cellula« elve nem egyszerre született meg Virchow agyában: eleinte (1847) maga is a blastema-elmélet híve. E theoria ellen először Kölliker, majd utána Remak szólalt föl s ez utóbbi 1852-ben már kimondja, hogy sem normális, sem kóros képződmények cytoblastból nem keletkeznek. Virchow »Prüfet Alles« elvéhez híven, akkor még korainak tartja az általános következtetéseket, de már 1855-ben a spontán fejlődés helyett a folytatólagos fejlődést törvénynek mondja s tételkép állítja fel: *Omnis cellula e cellula*. Ezzel egyszersmind hadat üzen az östermődés szélében-hosszában divó tanának.

Virchow würzburgi tartózkodása alatt veszi át Cannstatt »Jahresberichte«-jének szerkesztését, majd pedig ugyanazon tudós részletes kórtani kézikönyvét dolgozza át. Ez átdolgozás, melyhez Virchow az általános kórtani részt s az állatoknak az emberre is veszélyes betegségeit (Zoonosen) írta, szintén sok új dolgot foglal magában, de különös említést érdemel azért, mert *ez alkalommal látunk először több tudóst egy munkán dolgozni*.

Virchow ekkor már nemcsak mint tudós szerepel, hanem mint tanár is, kinek neve mindinkább népszerűvé válik s kit hova-tovább a kórboncztan fontosságát átértő hallgatóság mindnagyobb serege vesz körül: ezek sorában ott van Friedrich, Hofmann, Rindfleisch, Haeckel, Gegenbaur, Czermak és Kussmaul.

Virchow-ot e kedves s eredményekben oly gazdag munkaköréből Berlinbe való visszahívása ragadja ki. Meckel elhunytával ugyanis, engedve Johannes Müller meghívásának, ismét Berlinbe tért vissza: a mult csalódását első sikereinek kedves emléke s az új, kedvére való kórboncztani intézet csakhamar feledtetik, tanítványaiért pedig a »berlini iskola« kárpótolja. Ez iskolából kerül ki Recklinghausen, Hüter, Cohnheim, Ponfick, Orth, Grawitz, Israel, Hoppe-Seyler, Kühne, Liebreich és Salkowsky, mindannyian tanítványai, majd asszistensei és tanainak továbbfejlesztői. Híre, neve a külföld törekvő fiatal orvosait is Berlinbe vonzza; egy részök később távol hazájában hirdette Virchow tanait; így lett ő »totius orbis praeceptor« (Baccelli).

Virchow munkássága végleges berlini tartózkodása alatt rendkívül sokoldalú. Mint tanár csakhamar belátja az elméleti kórboncztani oktatás hiányos voltát: módszeres bonczolatokat (»Sectionstechnik-je«) s a szemléző oktatást tartja szükségesnek s e gondolattól vezérelve gyűjti



össze a mai berlini kórboncztoni muzeumnak a maga nemében szintén páratlan tudományos kincsalmazát. (23,000 darab készítmény!)

1858-ban a sejtelméletről szóló tanait 20 előadásban foglalja össze; ez előadások »Cellular-pathologia« címmel láttak napvilágot. Szerinte a sejt székhelye ép úgy a normális életműködéseknek, mint a kóros folyamatoknak. A szervezetet alkotó sejtek mindegyike bizonyos fokig önálló, más szóval a sejt nemcsak anatómiai, hanem biológiai egységet is jelent. E felfogásának megfelelőleg mechanikai alapon magyarázza az életet is és szerinte »a sejtek tulajdonságainak resultátuma az életerő« (Virchow-féle neo-vitalismus).

A sejt-kórtan kiváló fontosságú lett következményeiben a gyakorlati orvostudományokra is: a betegségek helyi természetének felismerése megokolttá tette helyi kezeléseket, ellentétben a régiek humoral-pathológiájára támaszkodó általános kezelésével. Így a cellularis pathologia gyakorlati eredménye a cellularis therapia lett.

A sejt-kórtant általánosságban elfogadták, egyesek azonban, így pl. Griesinger a gyuladásról szóló részt, éles kritikával támadták meg. Az idők folyamán, a vizsgálati módszerek tökéletesedésével módosult Virchow felfogása is, így pl. a sejtek *önálló* élettevékenysége mellett kellő méltányolásban részesült az ideges elemek közrehatása, s gyuladás magyarázatában Conheim fölfedezése folytán a fehér vérsejtekre irányult a figyelem, nemkülönben fölismerték a kórokozó mikroorganizmusok munkáját (Klebs), mindazonáltal »alapjában véve 1858 óta a sejt-kórtan mit sem változott (Scheuthauer)«. De, ha meg is változnék valamikor a sejtekről, mint elemi szervezetekről való fölfogás, Virchow elvitathatatlan érdeme marad mindenkor, hogy megtisztította az orvostudományokat a humoral-pathologia középkori felfogásától.*

E munkáját követte a *daganatokról* írott klasszikus műve, melyben a daganatokat genetikai alapon tárgyalja. Kimondja, hogy a daganatok *részei* a szervezetnek s a meglévő sejtek osztódásából keletkeznek. A kritika korszakot alkotónak s Johannes Müller műve óta megjelent hasonló tárgyú dolgozatok között a legkiválóbbnak mondja. Sajnos, a nagy mű befejezetlen maradt, minek oka részben az volt, hogy Virchow-nak a rák keletkezéséről szóló tanát** Thiersch és Waldeyer vizsgálatai nagyon megingatták, ő azonban vaskövetkezetességgel maradt meg régi felfogása mellett s inkább befejezetlenül hagyta művét.

A két legutolsó mű jelzi Virchow tudományos munkásságának tetőpontját. További dolgozatai közül a vérszegénységről, trichinákról, az

* Marchand »Rudolph Virchow«, 16. l.

** Szerinte a rák hámsejtjei átalakult kötőszöveti sejtek. (Metoplazia tana.)

endocarditis puerperalisról és a csöves csontok porczdaganatairól írottakat említjük.

E bámulatos tevékenység Virchow szellemét azonban még nem merítette ki s időt talált arra, hogy a természettudományok más ágait is örökbecsű alkotásokkal gyarapítsa. Nemcsak mint orvos és kóranatomus volt korszakalkotó, hanem mint *anthropologus*,* mint az őskori régiségek kutatója is.

Első embertani tárgyú dolgozatai würzburgi tartózkodásának ideje alatt keletkeztek, későbbi végleges berlini tartózkodásának termékenyebb éveiben pedig számuk évenként meghaladta az ötvenet, hatvanat!

Még 1857-ben jelent meg a koponyaalap fejlődésének a koponya alkatra, az arcz és *agy* fejlődésére való hatásáról írott munkája, melylyel az *embertannak* tudományos *anatomiai* alapot adott.

»Néhány ismertető jel alsóbb rendű emberfajok koponyáján« című dolgozata a koponyák állandó faji jellemeit keresi. Itt kell megemlékeznünk a *farkos emberekről* írt tanulmányáról is.

Schlieman ásatásainak fényes eredményei is jórészt Virchow buzdításának s támogatásának köszönhetők; ugyanis a magukat hivatásosnak tartó archaeologusok rossz szemmel nézték a kereskedőből lett régiségbúvárt, Virchow pedig tanácscsal s tettel sietett segélyére s a leleteket feldolgozva, maga is műveli az ősrégészetet (Troasról, a Kaukázusról, majd a czölöpépitményekről írott művei) s természettudományi mód szerint tudományos jellemet ad ezen, a dilettantizmus bélyegét addig nagyon is magán viselő szaknak.

Klasszikus koponyamérései és leírásai máig is mintául szolgálnak az összehasonlító koponyatanban. A friesek koponyáival, s később a kőkori dán leletekkel foglalkozva, kimutatja, hogy a német faj középféjű s nem dolichocephal, mint állították. A »Crania ethnica americana« című dolgozata az e koponyákon látható, részben mesterséges eltorzítás következtében, részben pedig a varratok korai összenövéséből származó szabálytalanságokat értelmezi.

A fajok keletkezéséről s az ember származásáról szóló elmélet Virchow-ot is élénken foglalkoztatja.

Szerinte minden faj, helyesebben mondva, minden eltérés az őstípustól, a szülők szervezetének fejlődését vagy életét megzavaró *külvilági hatások* következménye s így *kóros*; az utódokra nézve azonban már normális e változás, mert *öröklött*. De, ha felfogása a darwinizmussal nem is egyezett, saját szavai szerint mégis mint barát, és nem mint ellenlábás ítélte róla; híres müncheni beszédében pedig tudományos desiderá-

* Lissauer, »Virchow als Anthropologe« Deutsche med. Wochenschr. 1901. Nr. 41. Festnummer.

tumnak mondja, hogy megtalálják, ha mindjárt nem is a majomban, az embert az állatvilághoz fűző kapcsot. Virchow különben is a fokozatos fejlődés és tökéletesedés híve volt.

Mint *higienikus*,* legelőször a felső-sziléziai járvány tanulmányozásában működik közre. Ekkor azonban még nem hallgatnak szavára. De az 1852-iki spessarti s az 1868-iki nyugot-poroszországi járványok beigazolták állításait. Ismét fölemeli szavát s hangsúlyozza, hogy az efféle járványok elkerülhetők, csak a közegészségügyi s közgazdasági állapotokon kell javítani, mert az éhtifusz büntetés, melyet saját tudatlansága s hanyagsága hoz a népre.

Az 1868., 1870/71. háborús évek alatt, mint a berlini katonaegészségügyi bizottság tagja, a katonai egészségügy megalkotásán s továbbfejlesztésén fáradozik; majd a német-francia háborúban személyesen vezeti a harcztérre az első egészségügyi csapatot, hogy eddigi észleleteit kiegészítve, a helyszínén gyűjtsön a továbbmunkálkodásra tapasztalatokat.

Mint a berlini Hilfsverein-nak vezető tagja tevékeny részt vesz a barakkok s kórházak felállításában, hivatásos s arra képzett betegápoló személyzetet sürget s kívánatosnak tartja, hogy a higiéné alapfogalmait s az első segély nyújtását az iskolákban tanítsák.

Mint a városi tanács tagja, sokat fárad Berlin csatornázása ügyében. Nagyobb városokban a csatornázást, kisebbekben a hulladékok időszakonként való eltávolítását tartja helyesnek.

Mint a közegészségügy őre, rámutat, mily káros hatással van az iskola a gyermek fejlődő szervezetére s már vagy harmincz évvel ezelőtt iskolaorvosokat lát szükségesnek s gondot kíván fordítani az iskola szellőztetésére s fűtésére. Utal a nagy gyermekhalandóságra az első életévben. Kitűnő statistikát állít össze az újonczozások eredményeiről s a hadsereg egészségügyi s halandósági viszonyairól. Mint első állítja össze a halandósági táblázatot Berlin városában halál-okok szerint.

E bámulatos sokoldalú tevékenység közepett is élénk részt vesz a tudományos társulatok ülésein, orvosi kongresszusokon, sőt még politikával is foglalkozik. Már 1861-ben a berlini városi tanács tagja, 1862-ben pedig a porosz képviselőházba választották be. A politikai szereplés e csodálatra méltó embernek csak szórakozás, mely tudományos munkában kifáradt szellemét felüldíti!***

* V. ö. Erismann. »R. Virchow als Hygieniker«. Deutsche med. Wochenschr. 1901. Nr. 41.

** A daganatokról írott nagy műve előszavában mondja: »Die stille und oft so unbemerkte Arbeit des Gelehrten einen grösseren Aufwand an Kraft und Anstrengung erfordert, als die ihrer Natur nach geräuschvollere und daher meist dankbarere Thätigkeit des Politikers, welche mir wenigstens häufig wie eine Erholung erschienen ist.«

Az elmondottakban rövid áttekintést igyekeztünk adni, mit e lángelme, napi 15—16 órai munkával vagy 60 éven át alkotott: egész munkásságát vázolni e helyütt szinte lehetetlen, hiszen műveinek egyszerű felsorolása 118 nyomtatott oldalra terjed!

Immár pihen a test, mely nyugalmat soha, csak munkát ismert, visszatért a földre, mi a földtől vétetett, de a szellem, mely annyit alkotott, itt él most is, munkára serkent s vezet. Tanítványaiban új életre kél, megifjul az agg tudós: sírja csak halandó részét fedi el, de azon is ott virraszt a halhatatlanság anyala, az emlékezet!

DR. HALÁSZ ALADÁR.

Az ion-elmélet.

— Baráti Körben 1902. év tavaszán tartott előadás-sorozat. —

Ha valamely tudományban szokatlan, vagy a megszokott felfogással épen ellenkező eszme merül fel, az új felfogás, miként a tudomány története tanúsítja, csak ritkán válik ellenállás nélkül köztulajdonná. Kedvetlenül fogadta másfél évtizeddel ezelőtt a chemiai világ is az ion-elméletet. Azóta az ellentétek, melyek ez elmélet gyermekéveiben heves vitatkozásban nyilatkoztak, elsimultak, a támadók száma az új felfogás bámulatos termékenységevel szemben napról napra csökkent; és, ha a jó elméletnek legfontosabb kriteriuma, hogy lehetőleg sok különböző tényt egységesen magyarázzon meg és új problémák felállítására és megoldására módot nyújtson: az ion-elmélet úttörői bizonyára megnyugvással és büszkeséggel tekinthetnek vissza az utolsó évtized vívmányaira.

A következőkben sem kimerítő, sem tudományosan szigorú fejtegetését nem kívánom adni ez elméletnek; az sem célom, hogy minden alkalmazását bemutatassam; nevezetesen mellőznöm kell az orvosi tudományok terén újabb időben mindinkább több tért hódító alkalmazások ismertetését. E rövid áttekintésnek csak az a feladata, hogy a tárgy iránt érdeklő-

dőknek némi bepillantást nyújtson az elmélet keretébe tartozó jelenségek sokaságába.

Az ion-elmélet előzményei.

Az elektrochemia története elválaszthatatlan a galvanismusétól. Aloysius Galvani híres kortársa, Alessandro Volta nevéhez fűződnek a galvanáramra vonatkozó ismereteink sorában az első, nagyszabású felfedezések. Volta szerint két különböző fém, érintkezésekor, elektromos állapotúvá válik, a fémeknek, az úgynevezett első osztályú vezetőknek oldatokkal, vagyis másodosztályú vezetőkkel való kombinációja útján pedig olyan készülék, a Volta-féle *oszlop*, szerkeszthető, mely állandó áramot szolgáltat (1800). Az ezen eszközzel nyomban mindenféle végzett kísérletek annyira meglepők voltak, hogy az érdeklődést a legnagyobb mértékben fölkellették. Ez érdeklődés első gyümölcse a megfigyelések végtelen sokasága, melyeknek magyarázatában nem sokára két, elvi ellentétben álló nézet tükröződik vissza. Az egyik az áram forrását a különböző fémek érintkezésében keresi, és az állandó érintkezést elegendő

oknak tartja, hogy állandó áram keletkezzék; ez az úgynevezett *contact-elmélet* álláspontja. A másik irányt a *chemiai elmélet* képviseli; ez az áram okát azon chemiai változásokban keresi, melyek a Volta-féle oszlopban az áram keletkezése közben végbemennek. A contact-elmélet alapföltevése az energia megmaradása törvényének felállításával tartathatatlanná vált, mert energia-fogyasztás nélkül, pusztá érintkezés útján elektromos energia nem létesülhet; el kellett ismernie, hogy az oszlopban végbemenő chemiai folyamat szolgáltatja az elektromos energiát, de fenntartotta azt a régi álláspontját, hogy az áram oka a különböző fémek érintkezése. Mint alább látni fogjuk, a Peltier-hatás helyes értelmezésével 1866-ban ez az állítás is tartathatatlannak bizonyult, a végleges döntés azonban e kérdésben csak az ion-elmélet alapján vált lehetségessé.

Bár az elmondottak szerint a contact elmélet alap gondolata hibás volt, mindamelllett az áram *fizikai* hatásai és e hatásoknak formális törvényei Volta alapföltevéseiből igen jól voltak értelmezhetők, és, minthogy szigorú matematikai alakban kifejezhetők, e körülmény nagy mértékben hozzájárult, hogy a contact-elmélet a legújabb időkig számos hívőre talált. E vizsgálatok fénypontja az Ohm-féle törvény (1826), mely kapcsolatot állapít meg az áram intenzitása, az elektromindító erő és az ellenállás között. Minthogy e kifejezéseket ezentúl többször fogjuk használni, czélszerű értelmökkel közelebről megismernedni.

Az elektromos áram mibenlétét nem ismerjük, csak a hatásait észleljük. Az emberi ész sajátossága, hogy új jelenségek észlelésekor ezeket olyanokkal irodok összehasonlítani, melyeknek mechanizmusát közvetlenül észlelheti. Bizonyos fokig — teljes analógiát ilyen esetekben nem várhatunk — az elektro-

mos áram jelenségeit is visszatükrözi egy kép, mely az elektromos áramot az áramló folyadékkal hasonlítja össze. Valamely galvánelemnek e hasonlat szerint két, egymással cső útján közlekedő, különböző magasságban elhelyezett víztartó felelne meg: a magasabb az elem pozitív pólusának, az alacsonyabb a negatív pólusnak. Maga a víz képviseli az elektromosságot, a két összekötő cső pedig az elem pólusait összekötő vezetékét. Hogy a víz áramlás közben a felső edényből ki ne fogyjon, az alsóból folyton fel kell szállítani a felsőbe; ezt a munkát a chemiai elmélet értelmében az elemben végbemenő chemiai folyamat végzi. A csőben a víz áramlása csak akkor jön létre, ha az edények között szintájkülönbség van*; az elem vezetékeiben is csak akkor kering áram, ha a pólusok között potenciál-, vagy feszültség-különbség áll fenn. Épen úgy, miként a folyadéknak áramlása közben a csőben ellenállást kell legyőznie, az áram is bizonyos ellenállásra talál a vezetékekben. A cső végpontjainak szintájkülönbségé-

* A szintájkülönbség egymagában nem idézné elő a víz áramlását, ha a Föld nehézségeje nem hatna a vízre. Ha a két edény szintájkülönbségét $h_2 - h_1$ -el, és azt az erőt, melylyel a Föld nehézsége a víz tömeg-egységére hat, g -vel jelöljük, úgy a $g(h_2 - h_1)$ szorzat mértéke annak az energia-készletnek, mely a víz tömeg-egységének a felső edényből az alsóba való szállítását végzi. Hasonló módon méri az elem két pólusa közötti potenciál-különbség azt az energiamennyiséget, mely az elektromosság egységének az egyik pólusból a másikhoz való hajtására kell. Mivelhogy, mint a galvánelemek elméletében látni fogjuk, minden galvánelemben egészen határozott, az illető galvánelemre jellemző és csakis az őt alkotó anyagok chemiai összetételétől függő ilyen hajtóerő áll rendelkezésünkre, a melynek feladata az elektromosságot egyrészt a külső vezetéken, másrészt az elem folyadékán áthajtani, ennélfogva ez erő clozslása különböző fog lenni a szerint, a mint a külső vezeték ellenállása az elem belső ellenállásához képest nagy,

től és ezen ellenállástól függ, hogy adott időben, például 1 mp. alatt, mennyi folyadék áramlik át a cső valamely keresztmetszetén; a vezeték végpontjainak potenciál-különbsége és a vezeték ellenállása szabja meg a vezeték valamely keresztmetszetén mp.-enként átáramló elektromosság mennyiségét, az áram intenzitását. Ohm törvénye szerint az áram intenzitása arányos a tekintetbe vett vezeték-darab végpontjain uralkodó potenciál-különbséggel és fordítva arányos a vezeték ellenállásával.

Az elektromágneses jelenségeken (O e r s t e d 1820) alapuló mérőeszközök, a tangens- és a sinusbousola használata (P o u i l l e t 1837), továbbá az Ohm-féle törvényben előforduló mennyiségek pontos mérésére szolgáló különböző eljárások megismerése (P o g g e n d o r f f 1841., W h e a t s t o n e 1843) lehetségessé tették nemcsak az Ohm-féle törvény szigorú érvényességének bizonyítását, hanem az elektromos egységek szigorú definícióját is. (W. W e b e r 1842).

vagy kicsiny. Az első esetben a rendelkezésünkre álló hajtó erő nagyobb része a külső ellenállás legyőzésére fordítatik és csak csekély része a belső ellenállására; az utóbbi esetben a dolog megfordítva áll. Ennek megfelelően az elem pólusai, vagyis a külső vezeték végpontjai közötti potenciál-különbséget, ha alkalmas módon, például quadran-elektrométerrel megmérjük, az első esetben nagyobb, az utóbbiban kisebbnek fogjuk találni. Legnagyobb e potenciál-különbség akkor, ha a külső ellenállás a belsőhöz képest végtelen nagy, azaz akkor, ha az elem pólusait vezetőleg nem kötjük össze; ez esetben a pólusok potenciál-különbsége az egész, az elemben rendelkezésre álló potenciál-különbségnek felel meg. A potenciál-különbség illetően legnagyobb értékét az elem *elektromindító* erejének nevezzük, a zárt elem pólusainak a külső ellenállással változó potenciál-különbségét pedig ezzel szemben *pólusfeszültség*-nek. Az említett viszonyok különben az Ohm-féle törvényből is levezethetők.

A gyakorlatban ez idő szerint használatos egységek* a következők:

Az elektromosság mennyiségének (e) egysége a *coulomb*. Az áram intenzitását (i) egy *ampère*-nek mondjuk, ha a vezeték minden keresztmetszetén másodpercenként egy coulomb-nyi elektromosság-mennyiség halad át. Az ilyen áram az ezüst-nitrát-oldatból másodpercenként 1.118 mg ezüstöt választ ki.

Az ellenállás (r) egysége az *ohm*, egy 106.3 cm hosszú, 1 mm² keresztmetszetű, 0^o-ú higanyfonál ellenállása.

A potenciál-különbségnek (elektromos feszültség, elektromindító erő, π) egysége a *volt*, azon potenciál-különbség, melynek egy 1 ohm ellenállású vezető végpontjai között fenn kell állania, hogy a vezetőn áthaladó áram intenzitása 1 ampère legyen. A könnyen reprodukálható Weston elem (higany, mercurioszulfát, cadmiumszulfát, cadmium-amalgám) elektromindító ereje 1.0189 volt.

Az egységeknek ilyen módon való megválasztásakor az Ohm-féle törvényt a következő alakban írhatjuk:

$$i \text{ ampère} = \frac{\pi \text{ volt}}{r \text{ ohm}}$$

Ez alakban az Ohm-féle törvény nemcsak egy vezetődarabra, hanem zárt áramkörre is érvényes, ha π -n az áramkörben működő elektromindító erők összegét, r -en pedig az összes ellenállást értjük.

Nagy haladásnak tekintendők az elektromos áram fizikai törvényeire vonatkozó ismereteink fejlődésében Joule vizsgálatai (1841) az elektromos áram hőhatásaira nézve, a melyek alapján Helmholtz 1847-ben az energia megmaradása törvényét az elektromos energiára is kiterjeszthette. Az elmondottak

* Bővebben olvashatni e tárgyról a Pótfüzetek 1888. folyamának 35—38. lapján »Az elektromosság újabb mértékegységei« címen SZERK.

után nem nehéz az áram munkabírását vagy energiáját is szabatos alakban kifejezni. A mint előbbi példánkban a felső edényből az alsóba folyó víz munkáját a lefolyó víz nehézségének (mg) a szintájkülönbséggel (h_2-h_1) való szorzata, $mg(h_2-h_1)$ fejezi ki, úgy az áram szolgáltatta energiát is a vezetőn áthaladó elektromosság mennyiségének a potenciálkülönbséggel való szorzata méri meg. Az az elektromos energia, mely valamely galvánelemben rendelkezésünkre áll, részben a külső vezeték, részben az elem belső ellenállásának legyőzésére szolgál. Ha a pólus-feszültséget, vagyis a külső vezeték végpontjain uralkodó potenciálkülönbséget π -vel, a létesülő áram intenzitását i -vel jelöljük, azaz, ha a vezeték keresztmetszetén másodpercenként i coulomb-nyi elektromosság-mennyiség halad át, úgy a külső vezeték ellenállásának legyőzésére másodpercenként megkívántató energia-mennyiség $i\pi$ volt-coulomb. Ez energia-mennyiség az adott feltételek között teljesen hővé változik, a mely, ha a külső vezetéket caloriméterbe helyezük, megmérhető. Ilyen mérésekből kitént, hogy 1 volt-coulomb = 0.236 cal., másszóval, ha egy vezetékdarab végpontjai között a potenciálkülönbség 1 volt, a rajta áthaladó áram intenzitása pedig 1 ampère, a vezetékben másodpercenként annyi hő fejlődik, a mennyi 0.236 g víz hőmérsékét 10° -kal emeli.

A Joule féle törvénynek más alakot is adhatunk, ha az Ohm törvényével kombináljuk. Ohm törvénye szerint ugyanis $i = \frac{\pi}{r}$, és, ha e kifejezésből $\pi = ri$ értékét a πi szorzatban helyettesítjük, az i ampère intenzitású áram hatására egy r ohm ellenállású vezetékben másodpercenként fejlődő hő értéke ri^2 . 0.236 cal.

Az áramnak minket közelebbről érdeklő fizikai hatásai közül még említ-

tésre méltó az, melyet Peltier 1834-ben észlelt. Ha ugyanis az áram egymásután kapcsolt különböző fémeken halad át, e fémek érintkezése felületén lehülés, vagy melegedés következik be, a szerint, a mint az áram az egyik, vagy az ellenkező irányban halad. E jelenség helyes magyarázatát csak három évtizeddel később adta F. P. Le Roux (1866) és E. Edlund (1869), a nélkül, hogy nagyobb figyelmet keltett volna, és csak J. C. Maxwell tekintélye biztosította számára néhány évvel később azt az elismerést, mely fontosságánál fogva megilleti. Az említett búvárok szerint a Peltierhatás oka a fémek között érintkezéskor előálló potenciálkülönbségben keresendő. E potenciálkülönbség okozza, hogy az esetben, ha az áramló elektromosság a magasabb V potenciálú fémből, a hol energiája iV , az alacsonyabb v potenciálú fémbe megy át, melyben energiáját a kisebb iv szorzat fejezi ki, az elektromos energiában beálló veszteséggel egyértékű hő keletkezik; és megfordítva, ha az áram az alacsonyabb potenciálú fémből a magasabb potenciálú felé halad, az elektromos energiának hirtelen növekedése a két fém határfelületén csak a hőenergia rovására lehetséges, a minek következménye a két fém érintkező helyének lehülése. A keletkező, illetőleg eltűnő Peltier-hő értékéből és az áram intenzitásából a két fém érintkezésekor előálló potenciálkülönbség meghatározható. Ilyen mérésekből kiderült, hogy e potenciálkülönbségek rendszeren csak néhány ezred volt-ot, csak ritkán egy-két század volt-ot tesznek, ellentétben a contact-elméletnek hét évtizeden át uralkodó felfogásával és Volta hamisan értelmezett kísérleteivel, melyek szerint a Volta-féle oszlop áramának főforrása a különböző fémek érintkezése.

Lássuk most a szorosabb értelemben vett elektrochemia haladásait.

Az első chemiai hatás, melyet a Volta-féle oszloppal kísérletezők észrevettek, az áram vízbontó hatása (Nicholson és Carlisle 1800). Ezt nemsokára követte a sók elektrolysisének tanulmányozása, 1807-ben pedig Davy híres fölfedezése: az alkálifémek előállítása az addig egyszerű testeknek tartott alkáliák elektrolysis útján. Az etéren szerzett tapasztalatokon épült fel Davy-nek, majd Berzelius-nak néhány évtizeden át általánosan elfogadott elektrochemiai elmélete, mely a chemiai rokonság és az elektromos erők azonosságával nemcsak érthetőbbé tette az áram feltűnő chemiai hatásait, hanem a chemiai systematika számára is a régen nélkülözött alapot szolgáltatva. Berzelius dualisztikus elmélete szerint minden elemi atómnak egy pozitív és egy negatív elektromos pólusa van, melyeknek egyike azonban rendszerint erősebb a másikonál. Azon az alapon, hogy az atómsok elektromos töltései közül melyik és mennyivel haladja meg a másikat, az elemek egy sorozatba foglalhatók, a melynek tagjai között a chemiai rokonság annál nagyobb, minél távolabb állanak egymástól e sorozatban. Az atómsokból a vegyületek úgy állanak elő, hogy ellentétes pólusai elektromos töltései egymást semlegesítik; mivel azonban e töltések nem egyformák, a nagyobb töltésű pólus elektromosságának egy része fenmarad és ez határozza meg a keletkező vegyület jellemét. Így a kálium-oxid molekulája a kálium-atóm nagy pozitív töltésénél fogva még pozitív, a kéntrioxid molekulája az oxigénnek nagy negatív töltésénél fogva negatív elektromossággal van felruházva, a melyek azt okozzák, hogy a kettőből ismételt semlegesítés útján káliumszulfát keletkezhetik. E felfogás szerint az áram hatása a sók elektrolysisakor abban áll, hogy a sók közvetlen alkotórészeit, a bázist és a savat, az egyesülésök alkalmával elvesztett

töltésekkel ismét ellátván, szabad állapotban való kiválásukat lehetővé teszi.

Az elektrochemia fejlődésében fordulót jelentenek azok a vizsgálatok, melyek a fizikai kísérleti kutatás egyik nagymesterének, Faraday-nek nevéhez fűződnek. Az elektrolysis jelenségeinek kvantitatív szempontból való tanulmányozása alapján Faraday bámulatosan egyszerű eszközökkel azokra a fontos törvényekre jutott (1833), melyek az ő nevét viselik. Ő vezette be a tudományba az elektrochemiában ma használatos nomenclaturát is. Az áram elbontotta vegyületet *elektrolyt*-nak, magát a jelenséget *elektrolysis*-nek nevezte. Az áramvezeték azon végei, melyek az áram be-, illetőleg kivezetésére szolgálnak, az *elektrod*-ok; az az elektrod, melyen az áram az elektrolytba behatol, a pozitív elektrod vagy *anód*, az áram kivezetésére szolgáló negatív elektrod a *kathód*. Az elektrolytnak az áram hatására különváló alkotórészei az *ionok*, még pedig a kathódon kiváló pozitív ion a *kation*, az anódon kiváló negatív alkotórész pedig az *anion*.

Faraday törvényei a következők:

a) Valamely ionnak az áramtól leválasztott mennyisége az áram intenzitásával és a hatás időtartamával arányos.

b) Ha ugyanazon áram egymásután kapcsolt különböző elektrolytokon halad át, a különböző ionok leválasztott mennyiségei úgy viszonylanak, mint chemiai egyenértéksúlyaik.

c) Minthogy az áram a galvánelem folyadékán is áthatol, abban is a második törvénynek megfelelő chemiai változások állanak elő.

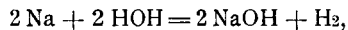
Faraday első törvénye lehetségessé teszi az áram intenzitásának tisztán chemiai úton való mérését (ezüst-, réz-, duranógáz-voltaméter). Így 1 ampère erősű áram ezüst-sókból másodpercenként 1.118 mg ezüstöt választ ki, az ezen ezüstmennyiség leválasztására szükséges

elektromosság-mennyiségtehát *1 coulomb*. Ebből viszont következik, hogy $107 \cdot 93$ g, vagyis egy *g*-egyenérték ezüst leválasztására 96540 coulomb szükséges.

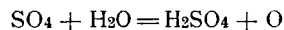
Faraday második törvénye értelmében bármely vegyület egy *g*-egyenértékének elbontására, vagyis bármely ion egy *g*-egyenértékének leválasztására ugyanakkora elektromosság-mennyiség, nevezetesen 96540 coulomb kell. Abban az időben, a mikor Faraday e tételt kimondotta, az elektromosság mennyiségét és az elektromosság feszültségét még nem különböztették meg olyan tisztán, mint ma, és így nem ütközhetünk meg, hogy e törvény lényegét félreértették, hogy maga Berzelius is abban a téves véleményben, mintha Faraday törvénye szerint a különböző rokonságú elemek vegyületeinek felbontására egyenlő erők kívántatnának meg, a törvényt a leghevesebben ellenezte. Faraday maga tisztán látott e kérdésben; tisztában volt azzal, hogy ama kapcsolat mellett, mely az elektromosság mennyisége és a kémiai változáson áteső anyag mennyiség között fennáll, az elektromosság feszültsége az a tényező, a mely megszabja, vajjon elbontja-e az áram az elektrolytot vagy sem. Ez ismeretét azonban a kémiai rokonság szabatos meghatározására szolgáló tisztán kémiai módszerek hiányában nem értékesítette; e feladat csak a legújabb időben részesült a Faraday kijelölte úton megoldásban.

Sajátságos, hogy Faraday, ki az elektrolysis quantitativ törvényeit fölfedezte, az ionok természetének megállapításában tévedett, bár törvényének következetes alkalmazásával e hibát elkerülhetne volna. Csak Daniell mutatta ki (1836), hogy a sók ionjai nem a bázis és a sav, hanem a fém és a savmaradék. Így a nátriumszulfát (Na_2SO_4) elektrolysisakor nem Na_2O -ra és SO_3 -ra, hanem 2Na -ra és SO_4 -re hasad szét. Erről a

következő kísérlet is meggyőzhet bennünket. Az 1. ábra *a* készülékének alsó része semleges lakmuszsal megfestett nátriumszulfát-oldattal, a csapos csövek vízzel vannak megtöltve; *b* alsó edényében higany van, a föléje borított, cadmium-elektrodot tartalmazó tölcser ugyancsak nátriumszulfát-oldattal megtöltött. Ha a két készüléken a rajzban feltüntetett módon áramot vezetünk át, a következő jelenségek észlelhetők. Az *a* készülék negatív elektródján hidrogéngáz, a pozitív elektródon félakkora térfogat oxigéngáz fejlődik; az alsó edényben foglalt folyadék a negatív elektród körül megkékül, a pozitív elektród körül pedig megvörösödik. E jelenséget Daniell előtt úgy értelmezték, hogy az áram a vizet is, a nátriumszulfátot is elbontja, az előbbi hidrogénre és oxigénre, az utóbbit nátronra és kénsavra. A helyes magyarázat az, hogy csak a nátriumszulfát bomlik el az áram hatására nátriumra és kénsavmaradéokra (*primaer* hatás); az előbbi a vízzel hidrogén-fejlődés közben nátriumhidroxiddá változik:



az utóbbi pedig oxigén fejlődése közben kénsavvá:

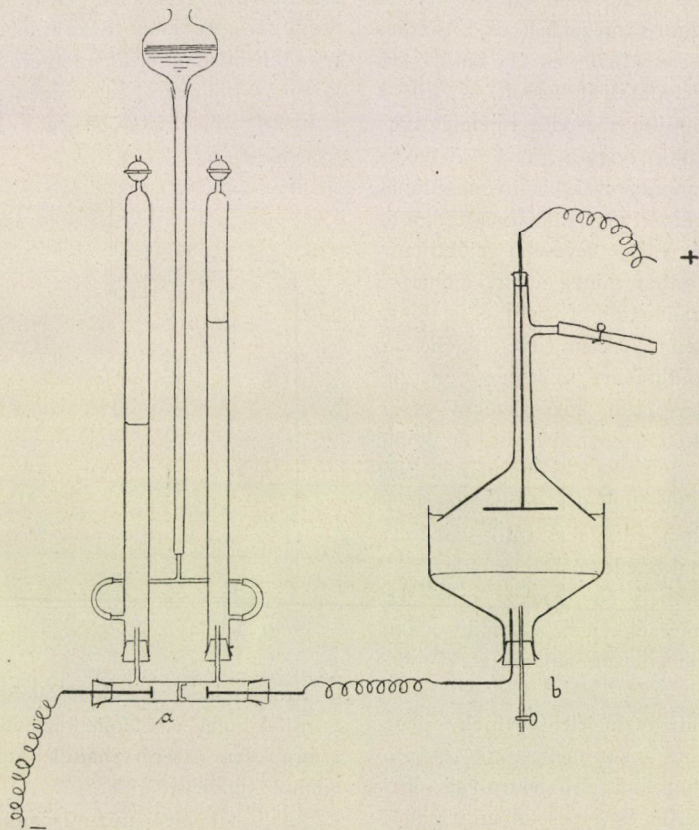
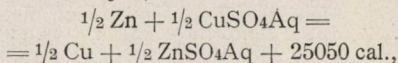


(*secundaer* hatás). A *b* készülékben csakugyan semmi gázfejlődést nem észlelünk, mert a nátrium a higanynyal találkozáván, abban nátriumamalgámmá oldódik, a kénsavmaradék pedig a cadmiummal vízben oldódó cadmiumszulfátá egyesül. A csapon lebocsátott nátriumamalgám a sósavval hevesen fejleszt hidrogéngázt, a folyadékban pedig a hidrogénszulfidos víz cadmiumszulfidból álló cizitromsárga csapadékot idéz elő, jeléül annak, hogy az oldat cadmiumszulfátot tartalmaz.

Faraday harmadik törvénye a galván elemek kémiai elméletének leg-hatalmasabb támaszává vált. E törvény

szerint az elem szolgáltatva galván áram elválaszthatatlanul kapcsolatos az elemben végbemenő kémiai folyamattal. Az energia megmaradása törvényének felismerésével önként fölmerült az a kérdés, vajjon az elem szolgáltatva elektromos energia egyenértékű-e az elemben végbemenő kémiai folyamat adta energiával vagy sem. Joule (1841) és később

Thomson (1851) e kérdésre igennel felelt és állítása helyességét a Daniell-féle elemre nézve kísérletileg is igazolta. A Daniell-féle elemben végbemenő kémiai folyamat ugyanis, ha az illető anyagok egyenértékű súlynyi mennyiségére vonatkoztatjuk,



1. ábra. Az ionok összetételének megállapítására szolgáló készülék.

vagyis e folyamat kémiai energiája, hőegységekben kifejezve, 25050 caloria. Az elektromosság mennyisége, melyet e folyamat a galván elemben létesít, Faraday harmadik törvénye szerint 96540 coulomb. Ha a Daniell-féle elem elektromindító erejét π -vel jelöljük, a rendelkezésünkre álló elektromos energia

értéke 96540π volt-coulomb, vagy hőegységekben kifejezve $96540 \pi \cdot 0.236$ cal. A keletkező elektromos energia és a kémiai energia egyenlősége esetében

$$\begin{aligned} 96540 \cdot \pi \cdot 0.236 &= 25050, \text{ vagyis} \\ \pi &= \frac{25050}{96540 \cdot 0.236} = 1.10 \text{ volt,} \end{aligned}$$

mely érték a kísérletileg talált értékkel

megegyezik. Agalván elem elektromindító ereje tehát a kémiai folyamat reakcióhőjéből kiszámítható.

Bár a Joule-Thomson-féle tétel a későbbi vizsgálatok szerint nem bizonyult szigorúnak, mindamellett elvben legalább megvolt ezzel a kémiai elmélet alap-problémájának sokáig keresett megoldása, az elektromos és a kémiai energia közötti kapcsolat szabatos formulázása. Szigorú megoldást ez a kérdés csak Gibbs (1876) és Helmholtz (1882) vizsgálataival kapott, a kik a thermodynamika második főtétele alapján kimutatták, hogy a Joule-Thomson-féle szabály csak bizonyos különös esetekben érvényes. Általánosságban az elem több vagy kevesebb elektromos energiát is adhat, mint a mennyi a kémiai folyamat reakcióhőjének megfelel; az első esetben az elem ilyenén energiátöbblet előállítására szükséges energiamentységet saját hőkészletéből veszi, vagyis működés közben lehül, az utóbbi esetben pedig a kémiai energiának csak egy része változik át elektromos energiává, a többi része hő alakjában válik szabaddá, s az elem működése közben fölmelegszik.* Csak az esetben, ha az elem működése közben hőmérséke nem változik, alakul át a kémiai energia teljesen elektromos energiává.

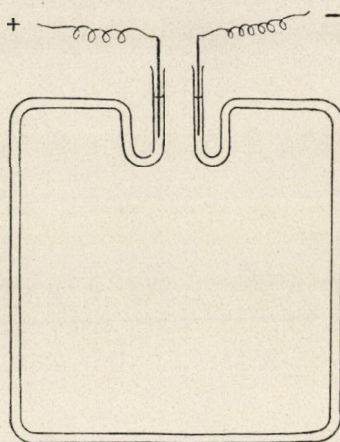
Az elektrolysis jelenségeinek fejtegetésénél szándékosan mellőztünk egy problémát, mely már az első elektrolysis alkalmazásával fölmerült és kapcsolatban a polarizáció és a vezetés problémáival később kényszerítő logikával az elektrolytos disso-

* A kémiai és elektromos energia kölcsönös átalakulásának Gibbs-Helmholtz-féle sugarú egyenlete

$$E\pi = Q + ET \frac{d\pi}{dT},$$

hol $E = 96540$ coulomb, π az elem elektromotoros ereje, Q a g-egyenértékre vonatkoztatott reakcióhő, és T az absz. hőmérsék.

ciatio gondolatára vezetett, nevezetesen: hogyan értelmezhető az a tény, hogy elektrolisiskor a bomlástermékek ugyanazon időben, térbelileg különválasztott helyeken jelennek meg? Egy hosszú csövet (2. ábra) megtöltünk kénsavval savanyított vízzel; a cső végein egymástól 1 méternyi távolságban alkalmazott platina-elektrodokat összekapcsoljuk az áramforrással (például a városi 110 volt-os árammal). Az áram bekapcsolása pillanatában mindkét elektródon erős pezsgés közben hidrogén és oxigén fejlődik. E kísérlet bizonyítja, hogy a két elek-

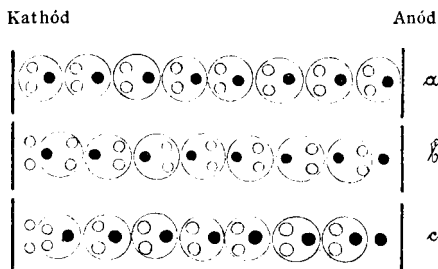


2. ábra. Elektromos vízbontás.

tródon fejlődő gázok, jóllehet a víz kémiai bomlásából keletkeztek is, semmi esetre sem származhattak ugyanazon vízmolekulából.

A hatás mechanizmusának értelmezésére Grotthus már 1805-ben felállított egy hipotézist, mely közel öt évtizeden át általánosan el volt fogadva. E hipotézis értelmében a vegyületnek ellentétes töltésű atomokból álló molekulái az elektródok elektromosságának statikai vonzására első sorban úgy helyezkednek el, hogy a pozitív töltésű atomok a negatív elektród felé, a negatív töltésűek a pozitív elektród felé irányíthatnak.

A 3. ábrán *a* a vízmolekulákra nézve tünteti elő ez állapotot. A negatív elektróddal szomszéd vízmolekula az elektród elektromosságának vonzó hatására elbomlik; a hidrogén-atómok a negatív elektródon szabad állapotú hidrogéngáz alakjában válnak ki, az oxigén-atóm pedig a hozzá legközelebb levő vízmolekula hidrogén-atómjait ragadja el, velők ismét vízmolekulává egyesülven. A szabaddá tett oxigén-atóm ugyanezt teszi a következő vízmolekulával és így tovább, végül az utolsó vízmolekula oxigén-atómja a pozitív elektródon fel szabadul (3. ábra *b*). A vízmolekuláknak 180° kal való megfordulása helyreállítja



3. ábra. A víz elektromos elbontásának skémája.

az eredeti állapotot (3. ábra *c*) és a folyamat a leirt módon ismétlődhetik.

A leirt folyamat sokszori ismétlődésével, miként az ábra alapján könnyen követhető, az ionok váltakozva forgó és haladó mozgást végeznek az elektródok felé. Hogy az áram hatására a haladó mozgás valóban bekövetkezik, kísérletileg is könnyen igazolható.* Egy U-alakú csövet az áramlás megakadályozása céljából agar-agarral zselatinált káliumchlorid-oldattal töltünk meg. Az egyik szárban levő oldatot előzőleg gyengén lúgossá tett phenolphtalein-oldattal vörösre festettük, a másik szárban levő oldathoz előre

kevés szintelen (semleges) phenolphtalein-oldatot adtunk.* A vörös káliumchlorid-oldat fölé sósavat és cuprichloridot tartalmazó oldatot, a szintelen káliumchlorid-oldat fölé káliumhidroxid-oldatot öntünk, majd platina elektródokat mártunk e folyadékokba és a sósavas cuprichlorid-oldatba mártott elektródot az áramforrás pozitív sarkával, a káliumhidroxid-oldatba mártott elektródot a negatív sarkal kötjük össze. Nyomban megindul az ionok vándorlása. A pozitív töltésű hidrogén- és réz-ionok a negatív elektród felé vándorolván, behatolnak a vörösre festett káliumchlorid oldatba és a velők szemben jövő klór-ionokkal sósavvá, illetőleg cuprichloriddá egyesülnek. Az első elszínteleníti a vörös phenolphtaleint, az utóbbi kékre festi a káliumchlorid-oldatot. A másik szárban levő káliumhidroxid-oldatból a negatív töltésű hidroxil-ionok a pozitív elektród felé vándorolnak és a szintelen káliumchlorid-oldatba hatolnak, ott a szemben jövő kálium-ionokkal káliumhidroxiddá egyesülnek, mely a phenolphtaleint megvörösíti. Ennek megfelelően a cső vörös szárában egy szintelen és egy kék, a cső másik szárában egy vörös réteg terjed el, melyeknek hosszai közelítőleg úgy viszonylanak, mint $5\frac{1}{2} : 1 : 2\frac{1}{2}$ -hez. E kísérlettel tehát nemcsak azt bizonyítottuk, hogy az ionok az áram hatása közben valóban vándorolnak, hanem haladó mozgásuk viszonyos sebességére is vonhattunk következtetést.

A leirt eljárás nem az egyedüli, mely az ionok haladó mozgásának meghatározására alkalmas. Idő szerint megelőzte ezt egy másik, mely az elektródok közelében elektrolysis közben beálló koncentráció-változásokra van alapítva. Hittorf, kinek mintaszerű vizsgálatai

* A kísérlet részletes leírását ld. Zeitschr. f. phys. Chemie, XXXVI., 6. 1. (1901).

* A phenolphtaleint a lúgok megvörösítik, a vörös oldatot a savak elszíntelenítik.

(1853—1859) az áramvezetés problémájára nézve alapvető jelentőségűek, kimutatta, hogy e koncentráció-változások a kation és az anion vándorlása különböző sebességére vezethetők vissza. Hogy Hittorf gondolatmenetét jobban megérthessük, egészítsük ki előbb Grotthus hipotézisét azon tények alapján, melyeket a Faraday-féle törvény szolgáltat.

Faraday második törvénye szerint minden ion egy g -egyenértékének leválasztására ugyanakkora elektromosság-mennyiség, t. i. 96540 coulomb szükséges. E tényt úgy értelmezhetjük legjobban, ha fölteszszük, hogy minden ion egy g -egyenértéke 96540 coulombnyi pozitív, illetőleg negatív elektromossággal van töltve, a szerint, a mint elektrolysisakor a kathódon vagy az anódon válik le. Az elektromos vezetés abban áll, hogy a kationok pozitív töltéseikkel a kathód felé, az anionok negatív töltéseikkel az anód felé mozognak. Az áram intenzitását az összes (pozitív és negatív) elektromosság szabja meg, mely másodpercenként az elektrolyt keresztmetszetén áthalad; hogy ez összes elektromosság-mennyiségnek mekkora része halad a kationokkal az egyik, és mekkora része az anionokkal az ellenkező irányban, az függ a kation és az anion viszonylagos sebességétől. Ha a kation és az anion vándorlásának sebessége egyenlő, minden keresztmetszeten ugyanannyi pozitív elektromosság halad át az egyik irányban, mint a mennyi negatív az ellenkezőben. Ha a kation vándorlásának sebessége u , az anioné v , az elektrolyt valamely keresztmetszetén ellenkező irányban áthaladó pozitív és negatív elektromosság mennyiségei úgy viszonylanak egymáshoz, mint u a v -hez.

Tegyük fel, hogy (az áram intenzitásától függő) \mathcal{I} idő alatt az elektrolyt valamely keresztmetszetén éppen 96540 coulombnyi elektromosság hatolt át. Mint-

hogy az elektromosság hordozói az ionok, e közben szükségképpen egy g -egyenérték ionnak kellett a tekintetbe vett keresztmetszeten áthaladnia. Ez ion-mennyiségnek egy törtrésze, n , mint kation pozitív töltésével a kathód felé, másik törtrésze, $1-n$, mint anion negatív töltésével az anód felé mozdult el.* E mennyiségeknek, az előbbieket szerint, úgy kell viszonylaniok, mint a megfelelő vándorlásbeli sebességeknek, tehát

$$\frac{n}{1-n} = \frac{u}{v}.$$

Mint hogy az n értéke, mint mindjárt látni fogjuk, az elektródok közelében beálló koncentráció-változásokból kísérletileg megállapítható, ezzel az ionok viszonylagos sebességei is meg vannak határozva.

Az elektródok felületén sajátos állapotok jelenkeznek az elektromosság azon sajátosságánál fogva, hogy elektrolytokban csakis anyagi részekkel kapcsolatban mozdulhat el, ellenben fémes vezetőkben mindazok szerint, miket a fémes vezetésről tudunk, ez a megszorító föltétel eszik. Lássuk első sorban a kathód felületén beálló jelenségeket. A kathód felületéhez, mint minden keresztmetszethez, a \mathcal{I} idő alatt n kation érkezik. A kathód féme útját állja a kationok további haladó mozgásának, ellenben pozitív töltések akadály nélkül tovább vándorolhat a fémes vezetőkben. Az n kation elveszti tehát a kathódon pozitív töltését és szabad, elektromosan semleges állapotban válik ki. Ugyanezen \mathcal{I} idő alatt azonban a kathód felületén levő $1-n$ anion mozdul el az elektrolyt belsejébe és az elektród féméből a megfelelő

* Ha a kation és az anion vándorlásának sebessége egyenlő, akkor $n = 1-n = \frac{1}{2}$; ha a kation vándorlásának sebessége az anionénál nagyobb, akkor $n > \frac{1}{2}$, $1-n < \frac{1}{2}$. Az n is, és az $1-n$ is, természetesen, mindenkor valódi tört.

negatív töltésnek be kell jutnia a folyadékokba; ez lehetséges azért, hogy az elvándorolt $1-n$ anionhoz tartozó, a kathódnál visszamaradt $1-n$ kation pozitív elektromos töltését semlegesíti, miáltal ezek is szabad állapotúakká válnak. Végeredményben tehát ezen \mathcal{I} idő alatt a kathód felületén $n + (1-n) = 1$ g-egyenérték kation váltott le szabad állapotban. Egyidejűleg azonban koncentrációváltozás állott elő a kathód közelében. Vándorlás következtében ugyanis a kathódhoz jutott n g-egyenérték kation; ennyivel szaporodott tehát \mathcal{I} idő alatt a kation mennyisége a kathód körüli folyadékokban (az áramtól az elektródon kiválasztott kation-mennyiséget is hozzászámítva).

Hasonló okoskodás útján könnyű meggyőződni, hogy ugyanezen \mathcal{I} idő alatt az anódra 1 g-egyenérték anionnak kell szabad állapotban kiválnia. Az $1-n$ anion ugyanis vándorlás útján jutott az anódhoz és átadta negatív töltését az anódnak, e közben azonban n kation mozdult el az anód felületéről a kathód felé; az ezekhez tartozó n anion negatív töltését is egyidejűleg az anódból a folyadékba áramló pozitív elektromosság semlegesíti. Összesen tehát \mathcal{I} idő alatt $(1-n) + n = 1$ g-egyenérték anion válik le szabad állapotban. Minthogy e \mathcal{I} idő alatt $1-n$ g-egyenérték anion jutott vándorlás útján az anódhoz, ennél fogva az anion koncentrációjának szaporodása \mathcal{I} idő alatt $1-n$.

A kation, illetőleg az anion koncentrációjának növekedését az elektródok közül Hittorf kémiai analysis útján határozta meg. Az n , illetőleg $1-n$ ilyen módon kísérletileg megállapított értékeit a kation, illetőleg az anion *átviteli számának* nevezte. Az átviteli számokból a fent közölt összefüggés alapján az ionok viszonyos sebessége meghatározható.

A különböző ionokra nézve e viszo-

nyos sebességek bizonyos egységekben (úgynevezett vezetőképesség-egységekben) kifejezve, 180-on, Kohlrausch számítása szerint a következők:

*Néhány ion viszonyos mozgékonyasága
180-on végtelen hígításban.*

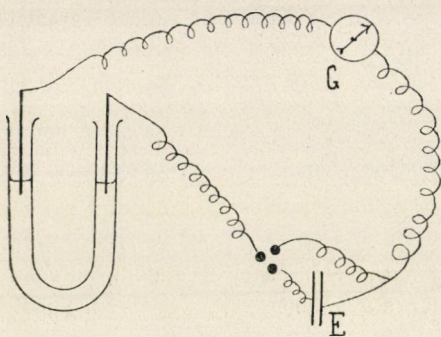
K	Na	Li	H ₄ N	Ag	H
65.3	44.4	35.5	64.2	55.7	318
Cl	J	NO ₃	ClO ₃	C ₂ H ₃ O ₂	OH
65.9	66.7	60.8	56.2	33.7	174

Kohlrausch az elektromos vezetőképességre vonatkozó vizsgálatai alapján kiszámította az ionok abszolút sebességeit is. E számítás szerint a hidrogén-ion abszolút sebessége, ha a vándorlás irányában a potenciál cm-enként 1 volt-tal esik, $0.00329 \frac{\text{cm.}}{\text{sec.}}$, a chlór-ioné pedig $0.00068 \frac{\text{cm.}}{\text{sec.}}$. E csekély sebesség annak tulajdonítandó, hogy az ionok mozgásuk közben óriási súrlódással küzdenek; így, hogy az ionok $1 \frac{\text{cm.}}{\text{sec.}}$ sebességgel mozognak, a fenti adatok alapján 1 g hidrogén-ionra 299 millió, 35.5 g chlór-ionra pedig 41 millió kilogrammnyi erőnek kell hatnia.

Hittorf vizsgálatai igen fontos eredményekre vezettek az úgynevezett kettős sók szerkezetére vonatkozólag. Kiderült ugyanis, hogy a kettős sók azon csoportjában, melyeket ma complex sóknak nevezünk, mint a K₄Fe(CN)₆, a KAg(CN)₂, a K₂HgJ₄, a Na₂PtCl₆ stb., csak az egyik fém, a felsorolt példákban nevezetesen a K, illetőleg a Na a kation, a vegyület többi alkotórészei elektrolysis közben az anódhoz vándorolnak. Ez eredményre, kapcsolatban e sók anomális analitikai viselkedésével, alkalmunk lesz még a későbbiekben visszatérni.

Hittorf vizsgálatainak idejébe esik a Grotthuss-féle elmélet lényeges módosítása. Ez elmélet jobb magyarázat híján el volt ugyan általánosan fogadva, de a tények egy részét kielégítően meg-

magyarázni nem tudta. A nehézségek megértése végett válaszszuk e konkrét esetet. Egy **U**-alakú csövet megtöltünk cinkchlorid ($ZnCl_2$)-oldattal, az oldatba belemártunk két platinadrót-elektrodát és galvanométer közbeiktatásával valamely áramforrással kötjük őket össze. Alkalmasságukkal kikapcsolhatjuk az áramforrást és vezető összeköttetést létesíthetünk az elektrodok között (4. ábra). Az áramforrás olyan legyen, mely tetszés szerinti feszültségű áramot szolgáltat. E célra igen alkalmas a **Gülcher**-féle thermo-oszlop; az áramot szorító csavarok segítségével a hűtőlemezekből



4. ábra. Az elektromos polarisatio bemutatása.

vezetjük el és feszültségét tetszés szerint változtatjuk azáltal, hogy közelebb vagy távolabb álló lemezeket használunk.

Kapcsoljunk be 0·1 volt-nyi áramot; a galvanométer tűje kitér, majd visszatér az egyensúlyhelyzetbe. Ha most az áramforrás kikapcsolásával az elektrodokat vezetőleg összekötjük, ellenkező irányú kitérés jön létre. Ismételjük e kísérletet 0·5, 1, 1·5 volt-nyi árammal: a bekapcsolás pillanatában a feszültséggel növekedő kitérést kapunk, de a tű csakhamar visszatér a nyugalmi helyzetbe, állandó áram tehát nem keletkezik, az átkapcsoláskor pedig ugyanilyen arányban növekedő ellenkező irányú kitérés észlelhető.

Ha a feszültséget végül 2·1 volt-ra emeljük, az előbbiektől eltérő jelenséget tapasztalunk: az áram bekapcsolásakor állandó kitérés mutatkozik, az áram tehát állandóan áthatol az oldaton. Ha az áramforrást kikapcsoljuk, ismét ellenkező irányú, de most jóval állandóbb a kitérés; később lassacskán kisebbedik és végül a tű az egyensúlyhelyzet felé közeledik.

Ismételjük ugyanezt a kísérletet kénsavval megsavanyított vízzel. Az észlelhető jelenségek egészen megegyeznek az imént leirtakkal, de az állandó kitérés most mintegy 1·7 voltnál jelenkezik. Ugyanezen feszültségen indul meg az elektrodokon a gázfejlődés, a látható kémiai bomlás.

A leirt jelenségek azok, melyeket *polarisatio*-nak nevezünk. Iparkodjunk azokat eddigi tapasztalataink alapján megmagyarázni.

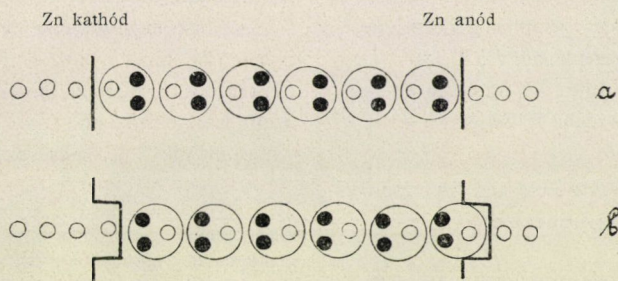
A mikor 0·1 volt-nyi áramot használunk, a galvanométer tűje kitért, majd visszatért egyensúlyi helyzetébe. Ez bizonyítja, hogy a bekapcsolás pillanatában áram hatolt át az elektrolyton, és mint-hogy ez **Faraday** törvénye szerint csak kémiai változás kíséretében történhetik, a kathódon cinknek, az anódon chlórnak kellett kiválnia. Az áram azonban csakhamar gyengült, a miből következik, hogy az elektrodokon beálló változás a hatás és ellenhatás elve szerint ellenszegül az áram hatásának. Hogy ez ellenhatás, mely az áramot gyengíti, majd megszünteti, valóban megvan, bizonyítja az áramforrás kikapcsolásakor észlelhető ellenkező kitérés; a kiválasztott cink és chlór ismét elválik az elektródtól és oldott cinkchloriddá változik. Az áram feszültségének növelésével nő a kiválasztott cink és chlór mennyisége és ezzel együtt az említett reactio, vagyis a polarisatio. E polarisatio azonban szükségképen elér egy maximumot, akkor t. i., a mikor

a platina-elektrodokon kiváló cink- és chlórreteg vastagsága olyan, hogy ez ionok további kiválása az elektrod természetét többé nem módosítja, más szóval, a mikor az elektrodok a kiválott ionokkal telítve vannak. Ez az állapot a cinkchlorid oldatában mintegy 2·1, a kénsavval savanyított vízben mintegy 1·7 voltan áll elő. Ha már most a feszültséget még inkább növeljük, a polarisatio maximumát meghaladó többlete állandó áramot gerjeszt s a galvánométer tűje állandóan kitér.

Ha a polarisatio oka valóban az elektrodoknak a kiválott ionok következtében való megváltozásában keresendő, olyan elektrodok alkalmazása esetén, melyeknek

ilyen megváltozásuk kizárható, a polarisatio jelenségének is el kell maradnia. A nevezett czélt elérhetjük, ha az előbbi kísérletet cink-elektrodokkal ismételjük. Ez esetben ugyanis a kathódon leváló cink a kathód fémével azonos lévén, rajta változást nem idéz elő; az anódon leváló chlór a cink-anóddal oldódó cinkchloriddá egyesül és ennélfogva az anódot sem éri változás. A kísérlet ilyen be rendezésénél valóban tapasztaljuk, hogy már a legkisebb feszültségű áram állandóan áthatol a cinkchlorid-oldaton, a galvánométer tűje állandóan kitér és az áramforrás kikapcsolásakor ellenkező irányú kitérés nem keletkezik.

Lássuk már most, hogyan egyeztet-



5. ábra. A cinkchlorid elektrolysisének szemléltetése.

hető össze ez a tény a Grotthus-féle hipotézissel.

Tüntesse elő az 5. ábrán *a* az elektrolysis előtti állapotot. Elektrolysisakor (*b*) a negativ elektróddal szomszéd cinkchlorid-molekula az elektrod elektromosságának statikai hatására elbomlik. Ezt követi a már leirt módon (115. lap) a többi molekula bomlása, végül az utolsó molekulából fennmaradó chlór-atomok a kathód egy cink-atomjával cinkchlorid-molekulává egyesülnek. Egészben véve, mint látjuk, a cinkchlorid-molekulák száma nem változott, az elektrolytot chemiai változás nem érte és ennélfogva chemiai munka nem végeztetett, mert a mennyi munka szükséges az első cinkchlorid-

molekula elbontására, ugyanannyi munkát ad a fennmaradó chlór-atomoknak a cink-anóddal való egyesülése. Az energia megmaradása törvényével tehát összhangzásban van az a tény, hogy már a legkisebb feszültségű áram is áthatol folyadékon.

Mindamellett ellenkezik a Grotthus-féle felfogás egy általános tapasztalattal. A Grotthus-féle hipotézis szerint a bomlás szükségképen megelőzi az egyesülést, tehát a munkafogyasztás a munka előállítását, és bármekkora legyen az utólagos fejlesztés, a bomlás ennélfogva csak egészen határozott bontó erő, más szóval, egészen határozott feszültségű áram hatására állhat be. Ennek pedig határozottan ellentmond a fent leirt kísérlet.

E nehézséget Clausius 1857-ben akként kerülte el, hogy a kinetikai gázelméletben megszokott felfogást az oldott molekulákra alkalmazva, feltételezte, hogy igen csekély, esetleg mérhetetlen törtrészők, az atomok heves rezgő mozgására, ionokra dissociál. E szabad ionok és a bomlatlan molekulák között dinamikai egyensúly jön létre. A vezetést csak a szabad ionok közvetítik, az elektródokon kiváló ionok pedig az említett egyensúly folytán állandóan pótoltnak.

Clausius e hipotézisétől az Arrhenius-féle felfogásig már csak egy lépés van. Hogy milyen nehéz volt ezt a lépést megtenni és a hagyományossal szakítani, legjobban igazolja az a körülmény, hogy három évtizednek kellett leütnie, új, nagy jelentőségű fölfedezésekre volt szükség, hogy a Clausius elvetette csira életre keljen és terebélyes, életre való erő fává fejlődjék.

Az oldatok elmélete és Arrhenius hipotézise.

A múlt század nyolczvanas éveit az elméleti chemia történetében új korszakot nyitnak meg. Van't Hoff-nak egy jelentéktelennek látszó, de következményeiben bámulatos hatású tény megfigyelésén, az oldatok és a gázok analogiáján, épült fel az elméleti chemia új, modern épülete. Az oldatokra vonatkozó vizsgálatok terén fölmerült jelenségek szolgáltatták az ionelmélet felállításának közvetlen indító okát; ezért, bár az oldatok törvényeivel itt behatóan nem foglalkozhatunk, lényegökkel legalább meg kell ismerkednünk.

Ismeretes, hogy, ha valamely oldat fölül tiszta vizet rétegezünk, az oldott anyag lassacskán behatol a vizes rétegbe és elegendő idő múltán az egész folyadékban egyenletesen elterjed. Ez az önként végbenemő folyamat alkalmas berendezéssel munka végzésére is értékesíthető. Ha t. i.

az oldatot a vizes rétegtől félig áteresztő, semipermeabilis, azaz olyan dugattyúval választjuk el, melyen a víz akadály nélkül áthatol, az oldott anyag ellenben nem: a dugattyú lassacskán a vizes réteg irányában mozdul el, és az előbb leirt jelenség, az oldat térfogatának növekedése a tiszta vízének rovására épen úgy be fog következni, mintha az oldat és a tiszta víz közvetlenül érintkeznék.

Azt az erőt, mely a leirt kísérletben a dugattyú elmozdulását előidézte, Pfeffer, bonni professzor, a ki növény-fiziológiai vizsgálataiban észlelt először (1877) hasonló jelenségeket, *osmosis-nyomás*-nak nevezte el, de csak Van't Hoff ismerte fel (1887) a gázok nyomásával analog természetét.

Az osmosis-nyomást hasonló módon mérhetjük, mint a gázok nyomását, ha az oldatot tartalmazó, manométerrel ellátott, semipermeabilis falú edényt tiszta vízbe állítjuk.** E mérésekből kiderült,

* Ilyen tulajdonságú a növényi és az állati sejtek protoplazma-tömlője. Bizonyos, mesterséges úton előállított csapadékok is hasonló sajátosságúak. E csapadék-hártyáknak nagyobb szilárdságot adhatunk azzal, hogy valamely likacsos szilárd vázba beleágyazzuk őket. Ha pl. káliumferrocyanid-oldattal megtöltött likacsos agyag-czellát, legcélszerűbben Pasteur-Chamberlain-féle vízszűrőt, hígított cupriszulfát-oldatba állítunk, e két oldatnak a czella likacsáiban való találkozásakor cupriferoocyanidból álló sötétbarna csapadék keletkezik, mely a czella likacsáiban félig áteresztő hártát alkot.

** A gázok szabadon terjedhetnek ki, mivel részecskéik között ú. n. cohaesio-erők nem működnek. Ez okból a gázok nyomása bármilyen falú edényben közvetlenül érvényesül. Az oldott testekben azonban az az erő, mely az oldat térfogatát nagyobbítani törekszik — az osmosis-nyomás — sokszorta kisebb lévén a folyadék-részecskék cohaesiojával, e nyomásnak a létezéséről csak úgy szerezhetünk tudomást, ha félig áteresztő falak alkalmazásakor e cohaesio-erők hatását kiküszöböljük, vagyis az oldat térfogatának növekedését lehetőségessé teszünk.

hogy az oldott testekre, ha a térfogaton az oldat térfogatát és a nyomáson az osmosis-nyomást értjük, nemcsak a Boyle-Mariotte és Gay-Lussac, hanem az Avogadro törvénye is érvényes, sőt a gáztörvény

$$vp = RT$$

állandójának, R -nek számértéke is ugyanaz, mint a gázoknál.

E fölfedezés fontosságáról nehéz azoknak, kik az elméleti kemiával behatóban nem foglalkoztak, tiszta fogalmat adni. Elég legyen itt arra utalnunk, hogy az összes törvények, melyek a gáz-alakú halmazállapotra érvényesek, minden külön megfontolás nélkül az oldatokra is kiterjeszthetők. A ma általánosan használt molekulasúly-meghatározó eljárások (a fagyáspontcsökkenés, a forráspontemelkedés stb. módszere) ez általánosításnak első gyümölcsei.

Az oldatok azon fizikai sajátságai közül, melyek az oldott anyag osmosis-nyomásával kapcsolatosak, a fagyáspont az, mely aránylag legkönnyebben és legpontosabban határozható meg. Már régebben tudták, hogy az oldószer fagyáspontja csökken, ha valamely anyagot oldunk benne, és hogy a fagyáspontcsökkenés az oldott anyag mennyiségével arányos. Van't Hoff elméleti megfontolások alapján kimutatta, hogy egyenlő osmosis-nyomású, ú. n. isosmotikus oldatok fagyáspontja egyenlő, és, mivel Avogadro törvénye szerint aequimolekularis, azaz olyan oldatok, melyek egyenlő térfogatban az oldott anyag molekulasúlynyi mennyiségét tartalmazzák, isosmotikusak, ennél fogva az ilyen oldatok egyenlő fagyáspontúak is. Ez nem egyéb, mint Raoult-nak empirikus úton talált törvénye, hogy bármely anyag g -molekulasúlynyi mennyisége, ha 1 liter oldószerben oldjuk, a fagyáspontját ugyanannyival (a vizét pl. 1.85° -kal) csökkenti (molekula-fagyáspontcsökkenés).

A Van't Hoff-féle oldatelmélet azonban csakhamar komoly akadályokkal került szembe. Ugyanis nem vizes oldatokra a gáz-törvények közvetlenül voltak alkalmazhatók és az egyes esetekben mutatkozó kivételek természetes magyarázata semmi nehézséget nem okozott: ellenben vizes oldatban a vegyületek jelenléte számánál megmagyarázhatatlan anomáliák mutatkoztak. A sók, a savak és a bázisok nevezetesen a számítottnál jóval nagyobb osmosis-nyomást, fagyáspontcsökkenést stb. létesítenek. A Raoult-Van't Hoff törvénye szerint bármely, a felsorolt csoportokhoz nem tartozó vegyület molekula-fagyáspontcsökkenése 1.85° , a nátriumchloridnál (NaCl) azonban ez az érték közel kétszer, a báriumnitrátnál ($\text{Ba}[\text{NO}_3]_2$) csaknem háromszor akkora. Általánosan azt mondhatjuk, hogy a felsorolt anomális esetekben a molekula-fagyáspontcsökkenés (A_m)

$$A_m = i \cdot 1.85^{\circ},$$

ahol i az egységnyi nagyobb számfaktor.*

* Az elmondottak világosabb megértésére álljon itt néhány számadat. Az 1 literben 0.01851 g-molekulát tartalmazó ureum-oldat fagyáspontját Hausrath 0.0343° -nak találta; 1 g-mol. ureum okoz tehát a

$$0.01851 : 0.0343^{\circ} = 1 : A_m$$

arány alapján $A_m = \frac{0.0343}{0.01851} = 1.852^{\circ}$ fagyáspontcsökkenést. Az ureum tehát normálisan viselkedik.

A literenként 0.01223 g-molekula nátriumchloridot tartalmazó oldat fagyáspontja ugyancsak Hausrath szerint 0.04423° . Ebből a molekula-fagyáspontcsökkenés

$$A_m = \frac{0.04423}{0.01223} = 3.614^{\circ} = 1.95 \cdot 1.85^{\circ}.$$

Ez esetben tehát $i = 1.95$.

Az 1 literben 0.004135 g-molekulát tartalmazó báriumnitrát-oldat fagyáspontját Hausrath 0.02131° -nak találta. Ebből

$$A_m = \frac{0.02131}{0.004135} = 5.15^{\circ} = 2.78 \cdot 1.85^{\circ},$$

tehát $i = 2.78$.



Arrhenius már 1883-ban köz-
 zétett egyik értekezésében iparkodott
 az elektromos vezetőképességnek a hígítással való változását azon hipotézissel
 megmagyarázni, hogy a vezetésben nem
 az összes oldott molekulák, hanem csak
 egy bizonyos, a hígítással növekedő tört-
 részők, az »activ« molekulák vesznek
 részt; az »activ«- és »inactiv«-molekulák
 közötti különbséget azonban ez érteke-
 zésében közelebbről nem határozta meg.
 A vezetés problémája és a fent említett
 kivételek között Arrhenius csak-
 hamar kapcsolatot ismert fel: csak
 a nem elektrolytokra érvényesek az
 oldatok törvényei; az elektrolytok azon-
 ban e törvényektől eltérnek. E kap-
 csolatra támaszkodva, továbbá arra,
 hogy az elektrolytok, és csakis ezek,
 az oldatok törvényeitől olyan értelemben
 térnek el, mint ha oldáskor che-
 miailag elbomlanának, Arrhenius nem
 habozott többé a Clausius-tól 30 év-
 vel korábban más okokból felállított hi-
 pothézist ez eltérések magyarázatára fel-
 használni. Arrhenius föltevésai, me-
 lyeknek jogosultságát 1887-ben megjelent
 értekezésében számos quantitativ adattal
 igazolta, a következők:

a) Minden elektrolyt vízben való oldásakor mérhető mennyiségben ionjaira bomlik.

b) Az áram vezetését csakis a szabad ionok közvetítik, tehát csakis olyan oldat vezet, mely szabad ionokat tartalmaz.

A lényeges különbség Clausius és Arrhenius hipotézise között az, hogy Arrhenius a Clausius-tól csak nyomokban föltételezett bomlást olyan nagyfokúnak tekinti, hogy abból egyúttal az oldatok törvényeitől való eltérések is megmagyarázhatók legyenek.

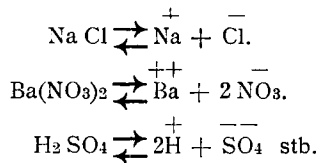
A következőkben vizsgálni fogjuk, hogy e felfogás hogyan egyeztethető össze a chemia ismert igazságaival és mennyiben kedvezőbb a régi felfogásnál.

Az ion-elmélet chemiai alkalmazásai.

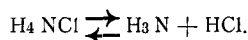
Arrhenius hipotézise értelmében az elektrolytok vízben való oldásukkor pozitív, illetőleg negatív elektromossággal töltött ionjaikra bomlanak. Minthogy ez ionok egymásra hatásából ismét az eredeti bomlatlan vegyület állhat elő, ez utóbbi és az ionok között az oldatban egyensúlyállapot jön létre. A bomlásnak a leirthez hasonló eseteit *dissociatio*-nak nevezzük.* Az elektrolytok dissociációja a dissociatio közönséges alakjától abban különbözik, hogy az előbbiben a bomlástermékek a Faraday-féle törvény megsabta, aránylag igen nagy elektromos töltésekkel vannak ellátva. Ezért szokásos azt a közönséges dissociációtól való megkülönböztetés végett *elektrolytos dissociatio*-nak nevezni.

Faraday törvénye értelmében minden ion g-egyenértékének töltése ± 96540 coulomb. Az n értékű ionok töltése ennél fogva $\pm n \cdot 96540$ coulomb. A következőkben a g-egyenérték elektromos töltését egyszerűen a +, illetőleg a — jellel fogjuk jelölni, a több értékű ionoknál tehát ezt a jelt annyiszor fogjuk alkalmazni, a hány értékű az illető ion.

Az elmondottak alapján közvetlenül érthetők a következő jelölések:



* Hogy a bomlástermékek ismét az eredeti vegyületté egyesülhetnek, azaz, hogy az eredeti vegyület és bomlástermékei között egyensúly áll fenn, azt a chemiai egyenletben $V a n't H o f f$ ajánlatára akként fejezzük ki, hogy az egyenlőség jele helyett kettős nyilat használunk. A szalmiák dissociációját pl. a következő egyenlet fejezi ki:



Egyúttal kitűnik az eddigiekből, hogy az ionok nagy elektromos töltései ellenére, minthogy mindig egyenértékű mennyiségben keletkeznek, az elektrolyt oldatának szükségképen elektromosan semlegesnek kell lennie.

Az első kérdés, melyre előtevésék után meg akarunk felelni, az, hogy az elektroltnak mekkora része disszociálódik a vízben való oldásakor. E feladatot az oldatok törvényeitől való eltérések alapján oldhatjuk meg. Legkényelmesebben használható e célra a fagyáspont-meghatározás módszere. Fentebb láttuk, hogy, ha 1 g-molekula, vagyis 1 mol-vegyületet 1 liter vízben oldunk, a víz fagyáspontja 1.85° -kal csökken. Ha e vegyület elektrolyt, vagyis az ion-elmélet föltevése szerint vizes oldatban disszociálódik, akkor, mivel az ionok, mint önállóan létező molekula-töredékek, a fagyáspontra szükségképen a molekulához hasonlóan hatással vannak, a fagyáspontcsökkenésnek olyan arányban kell növekednie, a milyen arányban a disszociatio következtében a különvált részek (molekulák és ionok) száma szaporodott. Ez utóbbi értékhez a következő okoskodás alapján jutunk: Legyen a disszociatio foka, vagyis az a szám, a mely megadja, hogy az oldott elektrolyt hányadrésze van disszociálva,* δ . Ha 1 molekula-vegyületet oldottunk, ennek δ törtrésze disszociálódik, $1-\delta$ törtrésze pedig bomlatlanul van az oldatban. Ha a vegyület minden molekulája k ionra disszociálódik, a δ molekula $k\delta$ iont szolgáltat és az oldatban összesen foglalt molekulák és ionok száma

$$(1-\delta) + k\delta = 1 + (k-1)\delta.$$

A molekula-fagyáspontcsökkenés értéke tehát

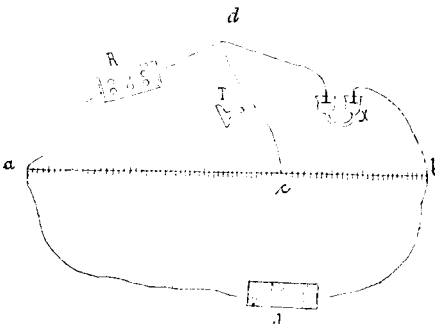
$$\Delta_m = [1 + (k-1)\delta] \cdot 1.85^{\circ} = i \cdot 1.85^{\circ},$$

* A disszociatio foka e meghatározás szerint mindig valódi tört. Szélső értékei 0 és 1, ha t. i. az illető vegyület vagy egyáltalában nincs, vagy teljesen disszociálva van.

a miből

$$1 + (k-1)\delta = i \text{ és } \delta = \frac{i-1}{k-1}.$$

Ha e képletet a 121. lapon közölt szám-példákra alkalmazzuk, úgy a 0.01223 molekulás nátriumchlorid-oldatra nézve $\delta = \frac{1.95-1}{2-1} = 0.95$, a 0.004135 molekulás báriumnitrát-oldatra nézve pedig $\delta = \frac{2.78-1}{3-1} = 0.89$. Ez annyit tesz, hogy a nátriumchloridnak 95, a báriumnitrát-nak 89%-a van ionjaira disszociálódva, a disszociatio tehát ilyen híg oldatokban csaknem teljes.



6. ábra. A Wheatstone-féle híd.

A disszociatio fokát az ion-elmélet második föltevése alapján, hogy a vezetést csakis az ionok közvetítik, az oldatok elméletétől egészen független úton is meghatározhatjuk. E végből azonban előbb a vezetőképesség szabatos fogalmával kell megismerkednünk.

Valamely anyag vezetőképességén elektromos ellenállásának viszás, reciproc értékét értjük. E meghatározásból következik, hogy a vezetőképesség annál nagyobb, minél kisebb az ellenállás és megfordítva. Minthogy az ellenállás egysége az ohm, a vezetőképességet reciproc ohm-egységekben $\left(\frac{1}{\text{ohm}}\right)$ fejezzük ki. A vezetőképesség meghatározása e szerint

vissza van vezetve az ellenállására, a mely legkényelmesebben a Wheatstone-féle híd-elágazással határozható meg.

A 6. ábrán J az áramforrás, ab egy mm-osztályzaton kifeszített, egyenletes keresztmetszetű drót, R ismert ellenállású rheostat, x a keresett ellenállás. Az áram-elágazás Kirchhoff-féle törvényei szerint a c csúszó contactus elmozdításával mindig elérhetjük, hogy a cd hidon áram nem megy át. Ez akkor következik be, ha

$$\frac{ac}{cb} = \frac{R}{x}, \text{ a miből}$$

$$x = R \frac{cb}{ac} \text{ ohm,}$$

ha az R ellenállást ohm-okban fejezzük ki. Az elektrolyt vezetőképessége ez esetben

$$k = \frac{1}{x} = \frac{1}{R} \cdot \frac{ac}{bc} \text{ ohm}^{-1}.$$

Áramforrásul elektrolytok ellenállásának meghatározására váltakozó áramot szolgáltatató inductoriumot használunk; ezzel elkerülhetjük a polarisatiót, mely egyenirányú áram alkalmazása esetén az áramot gyengítené, vagyis az elektrolyt ellenállását látszólag növelné. Hogy a híd a csúszó contactus melyik helyzetében mentes az áramtól, azt a hídba igtatott telefontal (T) tudhatjuk meg. A telefon zörejei a csúszó contactus helyes beállításakor elnémulnak.

Az elektrolyt vezetőképessége a saját anyagi természetén és a hőmérséken kívül a méreteitől, tehát az edény alakjától függ, melyben a mérés történik. Hogy az értékek ettől függetlenek és összehasonlíthatók legyenek, a mért vezetőképességből egy, az illető edényre nézve egyszer s mindenkorra megállapított factorral való szorzás útján kiszámítjuk az ú. n. *fajlagos vezetőképességet*, z , azaz olyan koczka vezetőképességét, melynek élhossza 1 cm.

A vezetőképességre vonatkozó nagyszámú mérésekből áttekinthető követke-

tetéseket vonni csak akkor sikerült, mikor egyenlő méretű vezetők helyett olyan vezetők vezetőképességét hasonlították össze, melyek chemiai értelemben egyenlő, azaz a molekulasúlyokkal arányos mennyiségeket tartalmaznak. Ezen ú. n. *molekula-vezetőképesség* fogalmához a következő, a világosság kedvéért konkrét példán bemutatott okoskodás útján jutunk.

A normális nátriumchlorid-oldat fajlagos vezetőképessége 18° -on 0.0744 rec. ohm, vagyis, ha a normális nátriumchlorid-oldat 1 cm^3 -ét olyan parallelepipedon-alakú edénybe öntjük, melynek két szemközt fekvő, egymástól 1 cm -nyire levő fala platinából, többi fala pedig szigetelő anyagból, pl. üvegből készült, majd a fent leirt módon ellenállását meghatározzuk, akkor azt 13.44 ohm-nak, vezető-

képességét tehát $\frac{1}{13.44} = 0.0744$ rec. ohm-nak fogjuk találni. Ha ugyanezen edénybe 1000 cm^3 , azaz annyi normális nátriumchlorid-oldatot öntünk, a mennyiben a nátriumchlorid g -molekulasúlya van, a vezetőképesség is 1000 -szer akkora, azaz 74.4 rec. ohm. Ez érték a normális nátriumchlorid-oldat molekula-vezetőképessége 18° -on.

A molekula-vezetőképességet (\mathcal{A}) tehát a fajlagosból (z) úgy kapjuk meg, ha az utóbbit a g -molekulasúlynyi mennyiséget tartalmazó oldat cm^3 -ekben kifejezett térfogatával (q) szorozzuk:

$$\mathcal{A} = z \cdot q.$$

Rétegezzünk az edényben foglalt 1000 cm^3 normális nátriumchlorid-oldat fölé 9000 cm^3 tiszta vizet úgy, hogy az oldattal ne elegendjék. Kísérletileg meggyőződhetünk arról, hogy ezáltal, bár a keresztmetszet most 10 -szer akkora, a vezetőképesség észrevehetően nem változott.* Ha azonban a vizet az alatta levő

* A tiszta víz az áramot elenyésző csekély mértékben vezeti.

oldattal elegyítjük és az elegyítés után ismét megmérjük a vezetőképességet, most már nem 74·4, hanem 92·5 rec. ohm-nak találjuk. Az $\frac{1}{10}$ normális nátriumchlorid-oldat molekula-vezetőképessége tehát 92·5

rec. ohm. Ha a hígítást folytatjuk, a következő táblázatban közölt értékekre jutunk; a táblázatba néhány más elektrolyt molekula-vezetőképességét is felvettük.

Néhány vegyület molekula-vezetőképessége 18^o-on.

Hígítás	HCl	HNO ₃	CH ₃ .COOH	KOH	Na OH	H ₄ N.OH	Na Cl	Na NO ₃	CH ₃ COO. Na
1 liter	301	310	1·32	184	160	0·89	74·4	66·0	41·2
10 »	351	350	4·60	213	183	3·3	92·5	87·4	61·1
100 »	370	368	14·3	228	200	9·6	102·8	97·1	70·2
1000 »	377	375	41	234	208	28·0	107·8	101·8	75·2
10000 »	—	—	107	—	—	66	109·7	103·7	76·8
∞ »	384	379	352	239	218	238	110·3	105·2	78·1

A molekula-vezetőképesség, mint ez adatokból kitűnik, a hígítással kivétel nélkül nő, még pedig eleintén gyorsan, majd lassabban, végül pedig a sóknál, az erős savaknál és az erős bázisoknál egy határérték felé közeledik. Lássuk, hogyan magyarázza az ion-elmélet e jelenségeket.

A r r h e n i u s második alapfeltevése szerint az elektromosság áramlását az elektrolytokban csakis az ionok közvetítik. Ha ez így van, a vezetőképességnek függnie kell *a*) az ionok számától; *n*-szer annyi ion *n*-szer akkora elektromosság-mennyiséget hordoz magával, vagyis a vezetőképesség arányos az ionok számával.

b) Függnie kell továbbá az ionok mozgásbeli állapotától is. Minél gyorsabban mozognak az ionok, annál több elektromosság halad át adott időben adott keresztmetszeten. A kation vándorlása sebességét *u*-val, az anion ellenkező irányú mozgásának sebességét *v*-vel jelölve, az összes (pozitív és negatív) elektromosság mennyisége, mely adott időben valamely keresztmetszeten áthatol, a kation és anion vándorlása sebességeinek összegével (*u+v*) arányos. Ez utóbbi összeg értéke, egyenlő hajtó erőket feltételezve, attól a surlódástól függ, mely az ionokat mozgásuk közben éri, s a mely első sorban

az ionok anyagi természetének, a közeg minőségének és a hőmérsékletnek függvénye.

Ha az oldott *g*-molekula elektrolyt δ része disszociálódik, még pedig *k* ionra, akkor az oldatban foglalt ionok száma *kδ*. Legyen továbbá *C* az egységek választásától függő számfaktor, akkor az előbbiektől szerint

$$A = Ck\delta (u + v) \dots 1.$$

Ha hígított oldatokra szorítkozunk, nagy valószínűséggel föltételezhetjük, hogy az ionok mozgékonyága az oldat koncentrációjától független.* Az ionok anyagi természete ugyanis az oldat hígításakor nem változik és a közeg minősége, tehát az ionok surlódása sem változik már lényegesen a hígítástól. E föltevések mellett a molekula-vezetőképességnek a hígítással való növekedését csakis a disszociatio fokának a növekedése okozhatja. Minthogy a disszociatio fokának a maximális értéke 1, a mikor t. i. az oldott elektrolyt egész mennyisége disszociálódik, a molekula-vezetőképességnek is egy határértékhez kell közelednie, miként a kísérlet valóban igazolja is. Ha a molekula-vezetőképességnek ilyenén határ-

* Hogy mennyiben jogosult ez a föltevés, arra később visszatérünk (130. l.).

értékét, mely a végtelen hígításnak felel meg, A_∞ -nel jelöljük, úgy

$$A_\infty = Ck(u + v) \cdot \cdot \cdot 2.$$

és az 1. egyenletnek 2.-vel való osztása útján

$$\frac{A}{A_\infty} = \delta,$$

más szóval, az oldott elektrolyt dissociatio-foka egyenlő az illető oldat molekula-vezetőképességének és a végtelenül hígított oldat molekula-vezetőképességének viszonyával.

Okoskodásunk helyességének ellen-

őrzése végett hasonlítsuk össze a vezetőképességből számított dissociatio fokát a fagyáspont meghatározása útján megállapított értékkel. Arrhenius már első értekezésében (1887) számos elektrolytra nézve kimutatta, hogy a két, egymástól teljesen független módszer közel egyező eredményekre vezet. A későbbi vizsgálatok megerősítették ez állítást, bár csekély, de a kísérleti hibákat meghaladó eltérések kétségtelenül fennállanak. A következő táblázatban néhány újabb meghatározás eredményét** közöljük.

A vezetőképességből és a fagyáspontból számított dissociatio-fokok összehasonlítása.

A vegyület képlete:	Concentratio = $\frac{g\text{-mol}}{\text{liter}}$	Fagyásp.-csökk.	δ f. p.-ból	δ vez. kép.-ből
HCl	0.013495	0.04907 ^o	0.967	0.961
CH ₃ COOH	0.01048	0.02061 ^o	0.064	0.040
KOH	0.01550	0.05553 ^o	0.935	0.946
NaCl	0.01223	0.04423 ^o	0.953	0.927
KCl	0.01000	0.0360 ^o	0.946	0.934
H ₄ NCl	0.01000	0.0356 ^o	0.924	0.939
NaNO ₃	0.01000	0.0355 ^o	0.919	0.923

A különböző elektrolytok dissociatio-foka, miként már a most közölt adatokból is, de még inkább a következő táblázatból kiderül, egyenlő koncentrációjú oldatokban is rendkívül különböző. Sók, valamint az erős anorganikus savak és bázisok már közepes koncentrációjú olda-

tokban majdnem teljesen dissociálódnak, a gyenge organikus savak és bázisok pedig jóval kisebb mértékben vannak dissociálva. Ennek igazolására álljon itt még néhány vegyület dissociatio-foka $1/10$ normális oldatban :

Néhány vegyület dissoicatio-foka $\left(\delta = \frac{A}{A_\infty}\right)$ 0.1 normális oldatban 18^o-on.

HCl	HNO ₃	CH ₃ COOH	KOH	NaOH	H ₄ NOH	NaCl	NaNO ₃	CH ₃ COONa
0.91	0.92	0.013	0.89	0.84	0.014	0.84	0.83	0.78

* Ha az u és v egységeit úgy választjuk, hogy

$$Ck = 1$$

legyen, akkor

$$A_\infty = u + v,$$

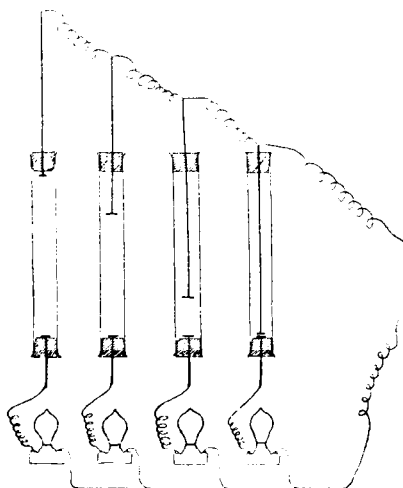
vagyis az ionok mozgékonyságainak az összege közvetlenül adja a végtelenül hígított oldat molekula-vezetőképességét. Ilyen egységeken vannak kifejezve a 117. lapon közölt értékek, melyekből tehát bármely elektrolyt végtelenül hígított oldatának molekula-vezetőképessége a megfelelő u és v értékek összegezése útján kiszámítható (K o h l-

r a u s c h törvénye). E szabály ismerete azért fontos, mert számos elektrolytnál a A_∞ a molekula-vezetőképesség lassú növekedése miatt kísérletileg nem közelíthető meg, K o h l r a u s c h törvénye alapján azonban biztosan kiszámítható. Így az ammoniumhydroxidra nézve pl.

$$A_\infty = 64.2 + 174 = 238.2.$$

** Az első 4 adat H a u s r a t h-tól származik, a ki a fagyáspont-ésökkenést thermoelemekkel mérte; az utolsó 3 adat L o o m i s kísérletsorozatából való.

A most közölt viszonyok bemutatására szolgálhat a következő előadási kísérlet.* A 7. ábrán látható négy egyforma üveghengert megtöltjük sósav, kén-sav, monochlóreccetsav és ecetsav $1/50$ normális oldatával, majd az ábrán jelzett módon becsatoljuk az áramot (100 volt) és a felső, mozgatható elektródokat úgy állítjuk be, hogy az izzólámpák szénfonalai egyformán világítsanak. Ha ez megtörtént, tapasztalni fogjuk, hogy az elektródok helyzete olyan, miként az ábra a savak fent közölt sorrendjére nézve előtűnteti, annak jeléül, hogy a használt



7. ábra. Az elektrolytok vezetőképességének bemutatása.

négy sav különböző disszociáció-fokának megfelelően a vezetőképességek is rendkívül különbözők. Ha most a savakat káliumhidroxid-oldat egyenlő mennyiségével semlegesítjük és az eljárást ismétljük, az egyforma világítás akkor fog bekövetkezni, ha az elektródok magassága közelítőleg egyenlő, annak bizonyítékául, hogy a keletkező sók mind közelítőleg egyenlően disszociálódnak. Egyúttal az is látszik e kísérletből, hogy a só-oldatok

vezetőképessége, a fém-ion és a hidrogén-ion mozgékonyasága közötti nagy különbségnél fogva, jóval kisebb a közelítőleg ugyanolyan mértékben disszociált aequivalens sósav-oldat vezetőképességénél, mert, hogy a fény-intenzitás az utóbbi kísérletben az előbbiével egyenlő legyen, az elektródokat közel harmadán olyan távolságra kell helyezni, mint a sósav esetében.

Mielőtt az ion elmélet egy másik fontos, kvantitatív folyamánnyal megismerkednénk, foglalkozzunk röviden azzal a kérdéssel, vajjon tisztán kémiai szempontból jogosult-e ez a hipotézis vagy sem.

Az ion-elmélet fölteszi, hogy éppen azok a vegyületek, amelyek alkotórészeikből nagy energiamennyiségek kiválásával keletkeznek, a milyenek pl. a sók, a vízben való oldásukkor alkotórészeikre esnek szét. Ez a látszólagos ellenmondás azonban megszűnik, ha megfontoljuk, hogy az elektrolytos disszociáció termékei nem a szabad állapotú elemek, hanem a tőlük teljesen különböző, elektromossággal töltött ionok. Ha a fémnátrium egy darabkáját drótra erősített porcellán-tégelyben a gyulás hőmérsékletére fölhevítjük, majd chlór-gázzal töltött lombikba teszszük, vakító fényvel nátriumchloriddá ég el. A mikor 23 g nátrium 35·5 g chlórral egy molekulásúlynyi nátriumchloriddá egyesül, thermochemiai mérések szerint 976 K-nyi energia válik szabaddá hő alakjában, ennyivel kisebb tehát a nátriumchlorid energiatartalma a szabad állapotú elemekénél. A nátriumchlorid 58·5 g-jának vízben való oldásakor 12 K hő vétetik fel. Ez energiamennyiség alig valamivel több az előbbinek 1%-nál, mindamelltt oldódás közben a nátriumchlorid úgyszólván teljesen nátrium-ionra és chlór ionra disszociálódik. Ebből következik, hogy az ion-állapot energiatartalma tekintetében nem különbözik

* Zeitschr. f. phys. Chemie XXXVI, k. 11. 1. (1901).

lényegesen a bomlatlan vegyület állapotától, a mi összehangzásban van azzal, hogy az ionok sajátosságai sokkal közelebb állanak a bomlatlan vegyület sajátosságaihoz, mint a szabad állapotú elemekéihez. A nátrium-iont és a chlór-iont ismét fémes nátriummá és chlór-gázzá alakíthatjuk, de e célra energiátartalmukat alkalmas módon, pl. bizonyos mennyiségű, a jelen esetben 964 K-nyi, elektromos energia felhasználásával ismét az eredeti értékre kell fel emelnünk.

Ha az elmondottokat szem előtt tartva, az ionokat a szabad állapotú elemekkel nem azonosítjuk, akkor az elektrolytos dissociatio alapföltevésében nem fogunk, miként az ion-elmélet ellenzői állították, a chemiai érték ellen elkövetett merényletet látni. Sőt épen az ion-elmélet tette lehetővé a chemiai reakciók egységes, tudományos magyarázatát, miként a következő néhány példából is kiderül.

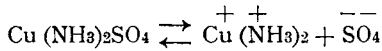
Elegyítsük a káliumjodid KJ, továbbá az aethyljodid (C_2H_5) J és a phenyljodid (C_6H_5) J hígított borszeszszel készült oldatait ezüstnitrát-oldattal. Az első esetben azonnal bő sárga csapadék, ezüstjodid AgJ, válik le, az aethyljodid oldatában csak igen lassan áll elő a csapadék, a phenyljodid oldatában pedig ilyen csapadék egyáltalában nem keletkezik. E ténnyől jogosan következtethetjük, hogy a káliumjodidban az alkatrészek legszabadabbak, az aethyljodidban már kevésbé szabadok, a phenyljodidban pedig olyan erősen kötöttek, hogy a reactio teljesen elmarad. És csakugyan, a káliumjodid-oldat igen jól, a másik kettő észrevehetően nem vezeti az elektromosságot, annak jeléül, hogy csak a káliumjodid oldatában vannak jelentékeny mennyiségben jód-ionok, melyek az ezüstnitrát oldatában foglalt ezüst-ionokkal oldhatatlan ezüstjodiddá egyesülnek. Az az ellenetés, hogy az aethyljodid oldatában is

előáll lassacsckán az ezüstjodid csapadék, bár az aethyljodid oldata az áramot észrevehetően nem vezeti, felfogásunk helyességét nem czáfolja meg; a jód-ionok említett reactiója ugyanis felette érzékeny; olyan csekély mennyiségű jód-ion mutatható ki e reactióval (132. l.), a melynek a vezetőképesség módszerével való fölismerése már csak igen gondos mérések alapján volna lehetséges.

Egy másik, nem kevésbé tanulságos példa a következő. A nátriumacetát oldatának ferrichlorid-oldattal való elegyítésekor vér-vörös színeződés (ferriacetát) keletkezik. A methylacetát oldata ferrichlorid-oldattal nem változik meg. A nátriumacetát oldata vezeti az elektromosságot, a methylacetáté nem. Világos tehát, hogy az első esetben a nátriumacetát oldatában levő acetát-ionok a ferri-ionokkal részben nem dissociáltak, vér-vörös ferriacetattá egyesültek, a methylacetát oldatában pedig e reactio az acetát-ionok hiánya következtében nem jöhetett létre.

E példák számát tetszés szerint szaporíthatnók, de már az eddig bemutatott, és a még később tárgyalandó esetek is elegendők annak belátására, hogy az analytikai chemiában értékesített, gyorsan lefolyó reactiók legnagyobb része ú. n. ion-reactio. Figyelemre méltó továbbá, hogy a hígított só-oldatok sajátosságai, mint az ion-elmélet követeli, *additiv* módon az ionok sajátosságaiból tevődnek össze. Ez állítás helyességének legfeltűnőbb és legközvetlenebb bizonyítékát a színes sók szolgáltatják. Így a réz-sók, bármilyen színűek is szilárd állapotban, vagy concentrált oldatban, hígított vizes oldatban mindkék színűek. A cuprichlorid pl. concentrált vizes oldatban, melyben csak csekély része dissociálódik, sötétzöld színű, vízzel való hígításakor az oldat megkékül. Ha e szabály alól látszólag kivétel mutatkozik, ez mindenkor akként ered, hogy az illető vegyület anomális

módon disszociál. Így pl. a cupriammóniumszulfát, sötét azurkék oldatában, a



egyenlet szerint disszociálódik, miként e só elektrolízisének tanulmányozásából kiderült. Az ionisatióval járó színváltozásnak igen érdekes példája még a következő. A cobaltchlorid alkoholban sötétkék, a cobaltnitrát bibor-vörös színnel oldódik. Ha az egyenlő koncentrációjú, például 5 ször normális oldatokat vízzel egyenlő mértékben hígítjuk, mindkettő ugyanazon színárnyalatú, rózsaszínű oldatot szolgáltatja, melynek színe most már a közös cobalt-iontól származik. Ha a cobalt-iont káliumcyanid oldat hozzá-

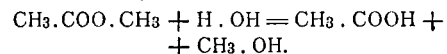
elegyítésével a complex $\text{Co}(\text{CN})_6$ -ionná alakítjuk, az oldat színe is megváltozik, nevezetesen barnás-sárgává válik. A Kohlrausch-féle törvény, hogy t. i. a végtelenül hígított só oldatok molekula-vezetőképessége az ionok vezetőképességének (mozgékonyságának) összegével egyenlő, szintén csak e tétel egyik különös esete.

A savak közös sajátságai közös alkatrészökre, a hidrogén-ionra, a lúgos bázisokéi a közös hydroxyl-ionra vezethetők vissza. E vonatkozás fölismerése a chemiai affinitásról szóló tanítás egyik fontos problémájának, a savak, illetőleg a bázisok erősségének szabatos meghatározására vezetett. E kifejezést többé-kevésbé qualitativ értelemben már régen használták, de a savakra, illetőleg a bázisokra jellemző, számokkal kifejezhető adatnak nem volt tekinthető. Az olyan savat, mely egy másikat sójából szabadabbá bír tenni, ennél erősebbnek, ellenkező esetben pedig gyengébbnek mondták. A későbbi vizsgálatok kiderítették, hogy azok az átváltozások, melyeken a sók savak hatására átesnek, soha sem teljesek; a savak, ha egy másik sav sójára

hatnak, ennek mindig csak egy részét bontják el. E körülmény lehetséges teszi a savak viszonylagos erősségének meghatározását, és Thomsen a reactiót kísérő hőváltozások, Ostwald pedig a jelenkező térfogatváltozások mérése révén csakugyan a savak viszonylagos erősségét ilyen módon számokkal is kifejezhette. Az így megállapított értékeket nemsokára más úton is igazolták. Kitűnt ugyanis, hogy a savak bizonyos reactiókat katalitikusan, azaz a nélkül, hogy a sav maga a reactio folyamán megváltoznék, gyorsítani bírják; így a cukor vizes oldatban savak jelenlétében sokkal gyorsabban változik át invert-cukorra (szőlő- és gyümölcscukorra), mint semleges oldatban; hasonlóan az esterek vizes oldatban csak savak jelenlétében szappanosítatnak el gyorsan stb.* A különböző savak reactiogyorsító hatását arányosnak tekintvén a savak erősségével, Ostwald ilyen módon ugyanazon sorozatra jutott, a melyet a savak sóbontó hatása alapján állapított meg. Végül ugyancsak Ostwald ismerte fel azt is, hogy e sorozat megegyezik az illető savak vezetőképességének sorozatával, vagyis, mivel a különböző savak vezetőképessége disszociációjok fokával közelítőleg arányos, a különböző savak erőssége is disszociációjok fokával arányos.

Ostwald-nak köszönünk egy másik fontos haladást is az ion-elmélet quantitativ jellemű alkalmazásai terén: a tömeghatás törvényének az elektrolytokra való alkalmazását. E törvény alapvető fontossága miatt nem mellőzhetjük, leg-

* Ilyen ester például a methylacetát $\text{CH}_3.\text{COO}.\text{CH}_3$, mely vizes oldatban lassan, savak jelenlétében gyorsan bomlik a következő egyenlet értelmében:



E folyamatot elszappanosításnak nevezik.

alább lényegének rövid ismertetését. A legtöbb chemiai reactio, akár lassan, akár mérhetetlen rövid idő alatt folyik is le, végeredményben oly állapotra vezet, melyben a további chemiai változás látszólag szünetel, az úgynevezett chemiai egyensúlyra. Ha a színtelen hidrogénjodid-gázt zárt edényben hevítjük, ibolya-színű jódgőzre és hidrogéngázra bomlik, de nem teljesen, hanem bizonyos mennyiségének elbomlása után a további változás megszűnik: egyensúly keletkezik a még el nem bomlott hidrogénjodid és bomlástermékei, a jódgőz és a hidrogéngáz között. Ha viszont a jódgőz és hidrogéngáz elegyét hevítjük, ezek, de ismét csak részben, hidrogénjodiddá egyesülnek. E körülmény, és más okok is valószínűvé teszik, hogy a reactióban résztvevő anyagok egyensúlykor is átváltoznak, de viszonyos mennyiségök többé nem változik, mert a mennyi az időegységben az egyik irányban átalakul, ugyanannyi keletkezik ugyanazon idő alatt a reactiotermékek visszaalakulása következtében. Ez okból az olyan reactiókat, melyek chemiai egyensúlyra vezetnek, *megfordítható reactiók*-nak is szokás nevezni.

A *tömeghatás törvénye* kapcsolatot állapít meg az egyensúlykor jelenlevő anyagok koncentrációi* között. E törvény szerint minden *megfordítható chemiai reactióban egyensúlykor a keletkező testek és az eredeti testek koncentrációinak szorzata közötti viszony adott hőmérséken állandó, azaz*

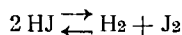
$$\frac{c'_1 c'_2}{c_1 c_2} = \text{const.},$$

a hol c'_1 és c'_2 a keletkező, c_1 és c_2 pedig az eredeti testekre vonatkozik.

Ha a reactio egyenletben valamely testnek több molekulája fordul elő, a megfelelő concentratio az annyadik hat-

* Concentráción a literben foglalt g-molekulák (mol-ok) számát értjük.

ványra emelendő, a hány molekulája az illető testnek vesz részt a chemiai reactióban. A hidrogénjodid és bomlástermékei közötti egyensúlyra nézve, melyet a



egyenlet fejez ki, a tömeghatás törvénye kimondja, hogy a

$$\frac{C_{\text{H}_2} C_{\text{J}_2}}{C_{\text{HJ}}^2} = \text{const.}$$

viszonynak egészen határozott, az egyes concentratioiktól független állandó értéke van, mely csakis a reactióban résztvevő anyagok chemiai természetétől és a hőmérséklettől függ.

A közönséges dissociációra érvényes megfontolásokat közvetlenül alkalmazhatjuk az elektrolytos dissociációra is. Jelölje pl. C_{HA} az ecetsav nem dissociált részének, C_{H} és C_{A} a belőle dissociatio útján keletkező hidrogén-, illetőleg acetát-ionok concentratioját, akkor

$$\frac{C_{\text{H}} C_{\text{A}}}{C_{\text{HA}}} = \text{const.},$$

mely föltételnek teljesülnie kell, ha a tömeghatás törvénye az elektrolytos dissociációra is érvényes.

Ostwald kétszáznál több organikus savra kimutatta ez egyenlet szigorú érvényességét, és ezzel az ion-elmélet alapföltevéésének egy igen fontos bizonyítékát szolgáltatta. Az erősen dissociált ásványi savak és bázisok, valamint az összes sók eddig ismeretlen okokból eltérnek e törvénytől. Az eltérések okát egyesek abban keresik, hogy a vezetőképesség e vegyületekben esetleg nem szigorú mértéke a dissociatio fokának*; mivel azonban a fagyáspontcsökkenésből

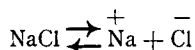
* A $\delta = \frac{A}{A_\infty}$ képlet, miként a 125.

lapon kifejtettük, csak akkor adja a dissociatio fokát, ha az ionok mozgékonyága az oldat concentratiojától független, mely föltevés az erősen dissociált elektrolytok esetében talán nem jogosult.

számított dissociatio-fokok sem tesznek eleget a tömeghatás törvényének, nagyobb valószínűségű az a föltevés, mely ez eltéréseket az ionok és a nem dissociált molekulák kölcsönhatására vezeti vissza. Legújabbban J a h n és N e r n s t ennek tekintetbe vételével csakugyan a tapasztalattal jobban egyező eredményekre jutottak; a későbbi vizsgálatok feladata eldönteni, mennyire jogosult az a remény, hogy a sokat vitatott kérdés ezen az úton megoldását fogja találni.

Bár a tömeghatás törvénye az elmondottak szerint csak kevésbé dissociált elektrolytokra érvényes szigorúan, a belőle vonható és a következőkben tárgyalandó következtetések *közeliítőleg* fennállanak az erősen dissociált elektrolytokra nézve is. Ilyen értelemben a tömeghatás törvényét az elektrolytok e csoportjában is használni fogjuk. Lássunk néhány ilyen alkalmazást.

Oldjunk fel nátriumchloridot vízben; az oldott nátriumchlorid egy része nátrium- és chlór-ionokra dissociálódik a



egyenlet értelmében. A tömeghatás törvénye szerint a bomlatlan nátriumchlorid és ionjainak koncentrációja között a következő kapcsolat áll fenn:

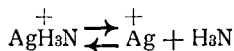
$$\frac{C_{\text{Na}} C_{\text{Cl}}}{C_{\text{NaCl}}} = \text{const.}$$

Az oldott nátriumchlorid mennyiségének szaporításával a számláló is, a nevező is növekszik, de a kettő viszonya állandó marad. Az oldott nátriumchlorid mennyiségét folyton szaporítván, végül eljutunk egy határhoz, a melyen túl a nátriumchlorid koncentrációját nem növelhetjük. Ez akkor fog bekövetkezni, a mikor az oldat nátriumchloriddal telítve van. Ez esetben a nevező, a bomlatlan nátriumchlorid koncentrációja, elérte az adott hőmérséken lehetséges, a telített oldatnak

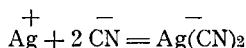
megfelelő legnagyobb értékét, és vele együtt szükségképen a számláló, a nátrium- és chlór-ionok koncentrációjának szorzata, is maximum. Ez annyit tesz, hogy vizes oldatban a nátrium- és chlór-ionok csak olyan koncentrációkban lehetnek egymás mellett, melyeknek szorzata az említett maximális értéket meg nem haladja. Ha tehát a telített nátriumchlorid-oldatban foglalt chlór-ionok koncentrációját növeljük, pl. akként, hogy az oldatot tömény sósavval elegyítjük, a nátriumionok koncentrációjának csökkennie kell, a mi csak úgy lehetséges, ha a nátriumionok egy része a megfelelő chlór-ionokkal nem dissociálódott nátriumchloriddá egyesül; az utóbbinak, minthogy az oldat reá nézve telített, szilárd alakban, csapadék alakjában ki kell válnia. Ugyanaz történik, ha telített nátriumchlorid-oldatot tömény nátriumhydroxyd-oldattal elegyítünk. Ilyenkor a nátriumionok koncentrációjának növekedése maga után vonja a chlór-ionok koncentrációjának csökkenését, nem dissociált nátriumchlorid képződése közben, mely utóbbi ismét csapadék alakjában válik ki.

Az analytikai chemiának minden, csapadék keletkezésén alapuló reakciója a most tárgyalt példán bemutatott elbírálás alá tartozik. Hogy valamely vegyület csapadék alakjában kiváljék, az ionjainak koncentrációiból alkotott szorzatnak, az ú. n. ionszorzatnak, bizonyos, a vegyület oldékonyságától függő értéket kell meghaladnia. Az ezüstchloridra nézve például e szorzat értéke annyira kicsiny ($C_{\text{Ag}} C_{\text{Cl}} = 1.2 \times 10^{-10}$), hogy az ezüstchlorid-csapadék az ezüstnitrát igen híg oldatában is nátriumchlorid oldat hozzáelegyítésekor azonnal előáll. A csapadék ellenben nem keletkezik, ha az ezüstnitrát oldatát előre ammonia-oldattal elegyítettük. Az ammonia ugyanis az ezüstionnal (Ag^+) összetételű complex ionná

egyesül, mely olyan csekély mértékben disszociálódik az



egyenlet értelmében, hogy a chlór-ionok szaporítása által sem vagyunk többé képesek a $\text{C}_{\text{Ag}}\text{C}_{\text{Cl}}$ ion-szorzatot az ezüst-chlorid leválasztására szükséges értékre emelni. A káliumjodid-oldat azonban az ammoniás ezüstnitrát-oldatban is idéz elő ezüstjodidból álló csapadékot, mert e vegyület rendkívül kevésbé oldható, tehát az ammoniás ezüstnitrát-oldatban levő ezüst-ionok koncentrációja elegendő az ezüstjodid leválasztására szükséges $\text{C}_{\text{Ag}}\text{C}_{\text{J}} = 1.7 \times 10^{-17}$ ion-szorzat létesítésére. Káliumcyanid-oldattal elegyített ezüstnitrát-oldatban már a káliumjodid sem idéz elő csapadékot, sőt káliumcyanid oldatában az ezüstjodid fel is oldódik, mert a cyan-ionok azon minimális ezüst ionconcentrációt is, mely az ezüstjodiddal telített oldatnak megfelel, az

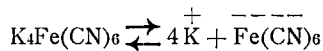


egyenlet értelmében igen jelentékeny mértékben csökkentik. De a káliumcyanidos oldatban is van még annyi ezüst-ion, hogy hidrogénszulfid-oldattal való elegyítésekor az ezüst egyik legoldhatatlanabb vegyülete, az ezüstszulfid fekete csapadék alakjában keletkezhesék.

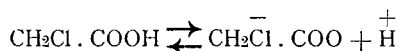
Az elmondottakból kitűnik, hogy az olyan ezüst-vegyületek oldatai, melyekben az ezüst-ionok koncentrációja igen csekély, az ezüst egyes kémlőszerei iránt anomális módon viselkednek, azaz benők az ezüst a rendes kémlőszerekkel ki nem mutatható; minél kisebb a vizsgált oldatban az ezüst-ionok koncentrációja, annál nagyobb az anomális reakciók száma. A káliumcyanidos oldatban, mint láttuk, az ezüst már csak a szulfid reakcióval ismerhető fel.

A most vázolt gondolatmenet egészen analóg módon alkalmazható más anomá-

lis reakciókra is. Hogy a mercuricyanid a mercuri-sók, illetőleg a mercuri-ion rendes reakcióit nem adja, arra vezethető vissza, hogy a mercuricyanid elenyésző csekély mértékben disszociálódik; a káliumferrocyanid, mely vizes oldatban a



egyenlet értelmében disszociálódik, nem adja a vas reakcióit; a chlórezcetsav, mely a



egyenlet szerint disszociálódik, ezüstnitrát-oldattal nem ad ezüstchloridot stb.

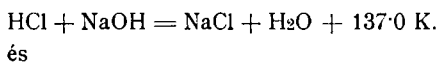
Az analitikai chemia számtalan reakciójának és eddig csak tapasztalatilag megokolt eljárásának egységes és kvantitatív követeléseket is kielégítő magyarázatát az ion-elméletnek köszönjük.

Az ion-elmélet analitikai-chemiai alkalmazásával kapcsolatban röviden meg kell emlékeznünk az *indikátorok* elméletéről is. A térfogatós analysisben a titrálható folyadék savanyú, illetőleg lúgos kémhatásának fölismerésére olyan színes vegyületeket szokás használni, melyek a folyadék kémhatásának megváltozásakor színöket változtatják. Az indikátorok igen gyenge savak, vagy bázisok. A legismeretebbek egyike a lakmusz; igen gyenge sav, mely vörös színű vizes oldatában alig disszociálódik, melynek sói azonban csaknem teljesen fém- és kékszínű savmaradék-ionokra vannak disszociálva. Ha a kék, tehát savmaradék-iont tartalmazó lakmusz-oldatot hidrogén-ion tartalmú folyadékkal elegyítjük, a lakmuszsav csekély disszociatio-fokának megfelelően a savmaradék-ionok a hidrogén-ionokkal nagyobb részt nem disszociált, tehát vörös lakmuszsavvá egyesülnek: a folyadék megvörösödik. Hydroxyl-ionokat tartalmazó oldatok hatására a vörös lakmusz megkékül, mert a hydroxyl-ionok a lakmuszsavnak, bár csekély fokú, disszociációjából származó hidrogén-ionokkal nem

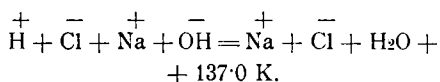
dissociált vízzé egyesülvén (l. alább), a lakmuszsav új része disszociálódik, melynek hidrogén-ionjai ismét vízzé alakulnak, és e folyamat mindaddig tart, míg a lakmuszsav nagyobb része kék savmaradékionná nem változott.

A lakmusz a hidrogén- és hydroxyl-ionokra közelítőleg egyformán érzékeny. A lakmusznál jóval gyengébb savnak tekinthető phenolphtalein kiválóan a hidrogén-, a jóval erősebben savanyú methylorangekülönösen a hydroxyl-ionokra érzékeny. E viszonyok közelebbi magyarázatára a hydrolysisst kellene tekintetbe vennünk, a mi e rövid áttekintésnek nem lehet feladata.

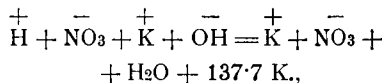
Nem érdektelen, hogy a legrégebben ismert chemiai folyamatok egyike, a sóképződés vizes oldatban bázisból és savból, szintén csak az ion-elmélet alapján talált kielégítő magyarázatra. A régi felfogással, mely szerint a bázisok és a savak vizes oldatainak elegyítésekor só és víz keletkezik, ugyanis ellenkezik az a tény, hogy az ú. n. telítéshő a bázis és a sav, tehát a keletkező só természetétől is független. Így T h o m s e n mérései szerint vizes oldatban :



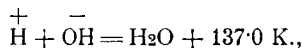
Az ion-elmélet szerint az erős savak és az erős bázisok, valamint a sók hígított vizes oldatban úgyszólván teljesen disszociálnak. A víz, miként vezetőképességéből és más úton talált adatokból is kiderül, csak elenyésző csekély mértékben van disszociálva; egy liter víz 18^o-on csak $0\cdot8 \times 10^{-7}$ g atom hidrogén-, illetőleg hydroxyl-iont tartalmaz. Ezeket tekintetbe véve, az előbbi egyenleteket így írhatjuk :



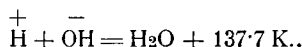
és



vagy, az egyenletek mindkét oldalán előforduló tagokat elhagyva :



illetőleg



a mi annyit tesz, hogy erős bázisoknak erős savakkal való telítésekor, hígított vizes oldatban, semmi egyéb változás sem történik, mint az, hogy a sav hidrogén-ionjai a bázis hydroxyl-ionjával nem disszociált vízzé egyesülnek. Ennek megfelelően természetesen a reactionhő, vagyis a víz képződéshője hidrogén- és hydroxyl-ionokból is minden esetben ugyanaz.

Az eddigiekben csak a vizes oldatokra vonatkozó vizsgálatokkal foglalkoztunk és lényegesebb eredményeiket méltattuk. A nem vizes oldatokra vonatkozó ismereteink ez idő szerint még igen hézagosak; az e téren eddig gyűjtött tapasztalatok sokkal szűkebb keretben mozognak, mintsem messzemenő következtetésekre jogosítanak. Általában véve mondhatjuk, hogy az elektrolytok disszociációképesége az oldószer minőségétől igen nagy mértékben függ, vagyis hogy az elektrolytos disszociatio az elektrolyt és az oldószer kölcsönhatásának eredménye. Hogy miben áll e kölcsönhatás, egyelőre nem tudjuk; némelyek az elektrolytos disszociatio lényegét az oldószer molekuláinak az ionokkal való associációjában keresik. N e r n s t a különböző oldószerre azon képességét, hogy a bennük oldott anyagokat vezetőkké teszik, vagy, mint ezt röviden kifejezhetjük, a különböző oldószerre disszociáló erejét kapcsolatba helyezik ez oldószerre dielektrikus



állandójával.* A bomlatlan elektrolyt és az ionok közötti egyensúly ugyanis két, egymás ellenében működő erő hatásának eredménye; az egyik, talán az oldószer molekulái és az ionok közötti vonzásban nyilvánuló, az elektrolyt disszociációját okozza; ezzel szemben az ellentétes elektromossággal töltött ionok elektrostatikai vonzása ismét egyesíteni törekszik őket. E vonzás annál kisebb, minél nagyobb az oldószer dielektromos állandója. A tapasztalat valóban igazolja, hogy az elektrolytos disszociatio különösen jelentékeny az asszociált molekulák képezésére hajlamos, nagy dielektromos állandójú oldószerekben.** Valószínű azonban, hogy a kémiai egyensúlyhoz hasonlóan a disszociatio-egyensúly is még más, egyelőre ismeretlen tényezőktől függ.

Mint vizes oldatban, úgy egyéb oldószerekben is az olyan anyagok, melyek az áramot vezetik, egyúttal az oldatok törvényei alól kivételt alkotnak. A molekula-vezetőképesség a hígítással hasonlóan változik, mint vizes oldatokban, de a tömeghatás törvényét eddig nem vizes oldószerekben oldott elektrolytokra alkalmazni nem sikerült. E viszonyok részle-

* Két elektromossággal töltött vezető elektrostatikai vonzása vagy taszítása függ az elválasztó közeg dielektromos állandójától. Ha a vákuum dielektromos állandóját egynek vesszük, és a vákuumban elhelyezett vezetők elektrostatikai hatását k -val jelöljük, a D dielektromos állandóval bíró közegben az elektrostatikai hatás $\frac{k}{D}$. Az elektrostatikai hatás tehát annál kisebb, minél nagyobb a közeg dielektromos állandója. Ezért a dielektromos állandót a közeg szigetelő képességének mértékéül is tekinthetjük.

** Épen nem, vagy alig mutatható ki az elektrolytos disszociatio benzolos, chloroformos, aetheres oldatban, jelentékeny alkoholos, pyridines, hangyasavas oldatban. Igen nagy disszociáló erejű a sulfurylchlorid, a hidrogéncyanid, a folyós ammonia, a folyós kéndioxid stb.

tesebb tanulmányozása és a ma még fennforgó nehézségek legyőzése a jövő feladata.

A galvánáram keletkezése.

Az előzőekben az elektromos áram kémiai hatásainak tanulmányozása révén, a kísérleti tények logikai következményeinek levonása útján, az ion-elmélet alaptételeit vezettük le; a jelen fejezetben a fordított problémával fogunk foglalkozni: mikor és hogyan okoznak a kémiai változások elektromos áramot.

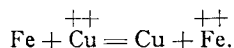
E probléma megoldásán egy századig fáradoztak sikertelenül, mert, bár az energia megmaradása törvényének fölfedezésével bizonyossá vált, hogy a galvánelemekben az elektromos energia javarészt a kémiai folyamat szolgáltatja, a föltételeket, melyek mellett a kémiai energia elektromos energiává változik, csak az ion-elmélet volt hivatva tiszta világitásba helyezni.

A következőekben megkísértjük, e adatot első sorban néhány konkrét példán megoldani.

1. a) Mártsunk vaslemezt cupriszulfát-oldatba; a vas felülete nemsokára vörösrézrel vonódik be. Ez a kémiai hatás a következő egyenlet szerint megy végbe:



vagy az ion-elmélet felfogása értelmében:

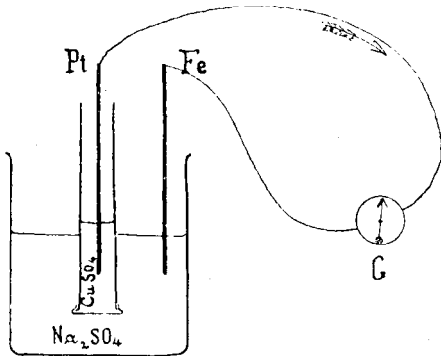


A reactio lényege tehát az, hogy a fémes vas ferro ionná, a cupri-ion pedig fémes rézzé változik.

A leírt kísérletben elektromos áram nem keletkezik. A kísérletet azonban úgy is végezhetjük, hogy elektromos áramot szolgáltatson. E célra a következő berendezést használhatjuk.

b) Egy alsó végén pergamen-papírossal, vagy állati hártáival leköttött üvegcsőbe cupriszulfát-oldatot öntünk és e

csövet egy bővebb, tetszésszerinti elektrolytot, pl. nátriumszulfát-oldatot tartalmazó üvegbe erősítjük (8. ábra). A cupriszulfát-oldatban platinalemezből, a nátriumszulfát-oldatban vaslemezből álló elektródot alkalmazunk, és a galvano-



8. ábra. Áramkeletkezés módja.

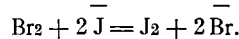
méter közbeigatásával vezetőleg összekötjük. E galvánelemben a következő chemiai változás történik. A külső edényben a fémes vas pozitív töltésű ferro-ionná változik; * a szükséges pozitív töltést az eredetileg elektromosan semleges vas-elektrodból veszi, minek következtében

ebben a megfelelő negatív elektromosság visszamarad. A belső edényben a cupri-ion átadja pozitív töltését a platina-elektrodnak, és, minthogy töltését elvesztette, fémes réz alakjában a platina-elektrod felületére rakódik. A platina-elektrod pozitív elektromossága a külső vezetéken át a vaselektrod negatív elektromosságával kiegyenlítődik, mint arról a galvanométer tűjének kitéréséből meggyőződhetünk.

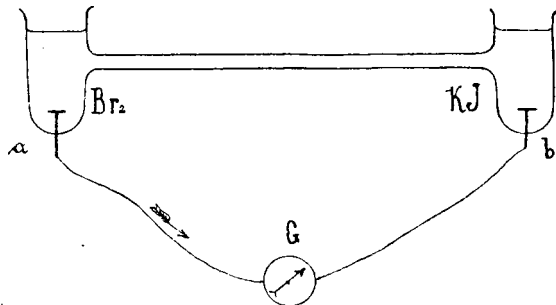
2. a) Ha káliumjodid oldatába brómot csepegtetünk, káliumbromid és jódot keletkezik a következő egyenlet szerint:



vagy, ha tekintetbe vesszük, hogy a káliumjodid is, a káliumbromid is vizes oldatban disszociálódik, és az egyenlet mindkét oldalán előforduló kálium-iont elhagyjuk,



A változás lényege tehát abban áll, hogy a bróm negatív töltésű ionná változik, a negatív töltésű jód-ion töltését pedig elveszti és elektromosan semleges jóddá alakul.



9. ábra. Áramkeletkezés módja.

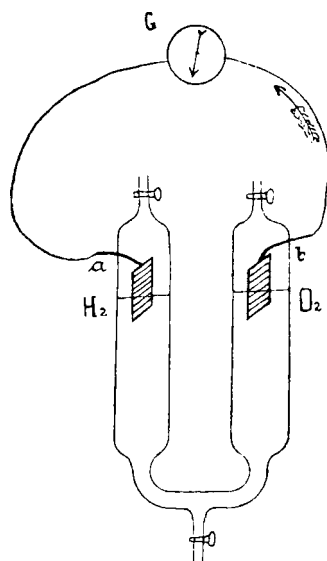
Hogy e chemiai változás áram létesítésére alkalmas legyen, a kísérleti föltételeket itt is kissé módosítanunk kell.

* Erről a kísérlet befejezése után úgy győződünk meg, hogy az oldatot vörös vérűgő-oldattal elegyítjük; a keletkező sötét-kék csapadék a ferro-ion jelenlétét bizonyítja.

b) A 9. ábrán látható, platina-elektroddal ellátott üveg-edényt megtöltjük káliumbromid-oldattal, és az *a* elektródra néhány csepp brómot, a *b* elektródra pedig néhány csepp tömény káliumjodid-oldatot csepegtetünk. Ha a két elektródot vezetőleg nem kötjük össze, semmi változás

nem történik, a mint azonban az összeköttetést létesítjük, nyomban megindul a kémiai változás: *a*-nál a bróm lassacskán eltűnik, miközben *b*-nél a folyadék a kiválott jódttól megsárgul. A galvánómeter tűjének kitérése a nyíljal jelzett áramiránynak felel meg.

E kísérlet magyarázata az ion-elmélet alapján igen egyszerű. Az *a* elektródnál levő bróm negatív töltésű ionná változik; az erre szükséges töltést az eredetileg elektromosan semleges elektród szolgál-



10. ábra. Gáz-elem.

tatja. A megfelelő pozitív elektromosság a külső vezetéken át a *b* elektródhoz jut és ott a jód-ion negatív töltését semlegesíti, minek következtében ez elektromosan semleges állapotban szín-jód alakjában kiválik.

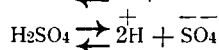
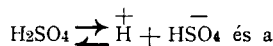
3. *a*) Ha hidrogén-gázt oxigén-gázban elégetünk, víz keletkezik. E kémiai változást az úgynevezett gáz-elemben áramforrássul használhatjuk.

b) A 10. ábrán feltüntetett üvegedényt, melybe *a*-nál és *b*-nél platina-korommal bevont platina-elektrodok van-

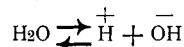
nak beforrasztva, hígított kénsavval töltjük meg; majd *a*-nál hidrogén-, *b*-nél oxigén-gázt vezetünk be, úgy, hogy az elektródok alsó része a folyadékba merüljön. Ha az elektródokat vezetőleg összekötjük, a következő változás indul meg. A hidrogén-gáz az *a* elektródból vett pozitív töltéssel hidrogén-ionná, az oxigén-gáz a *b* elektródból vett negatív-töltéssel oxigén-ionná* változik, a *b* elektródban maradt pozitív töltés pedig az *a* elektródban fennmaradt negatív töltéssel a külső vezetékben a nyíl irányában kiegyenlítődik.

A felsorolt példák már elegendők, hogy belőlük az áram keletkezésének feltételeit megállapítsuk. Minden kémiai reakció, melyben elektromosan semleges molekulák ionokká, vagy ionok elektromosan semleges molekulákká változnak, alkalmas feltételek mellett áramot szolgáltat. Hogy ilyen kémiai változás áramot szolgáltatson, annak szükséges feltétele, hogy az elektromos töltések keletkezése vagy eltűnése térbelileg különválasztott helyeken történjék. Ezt megfelelő elektródok alkalmazásával érjük el, a

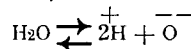
* Hasonlóan, mint a kénsav a



egyenletek értelmében disszociálódik, úgy a víznél is a túlnyomóan a



egyenlet szerint lefolyó disszociatio mellett igen csekély fokú, a



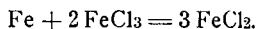
szkéma szerint történő disszociációt is fel kell tételeznünk. Minthogy a víz koncentrációja állandó, a tömeghatás törvénye szerint a

$$\text{C}^2\text{HCO} = \text{const.}$$

kifejezésnek is állandó értékűnek kell lennie, vagyis a gáz-elem működése közben a hidrogén-gázból és az oxigén-gázból keletkező hidrogén-, illetőleg oxigén-ionok a folyadékban nem maradnak meg különváltan, hanem nem disszociált vízzé egyesülnek.

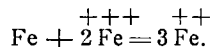
melyek a szükséges töltéseket szolgáltatják, illetőleg az ionok töltéseit átveszik. Az elmondottak jobb megértése végett még egy chemiai reakciót fogunk ilyen szempontból megvizsgálni.

4. a) Ha fém-vasat ferrichlorid-oldatba mártunk, a ferrichlorid ferrochloriddá redukálódik a következő egyenlet értelmében :



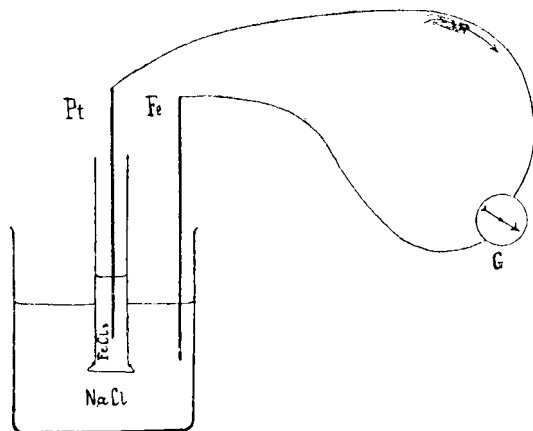
Az ion-elmélet szerint a ferri-ion 3×96540 , a ferro-ion 2×96540 coulombnyi pozitív elektromossággal van töltve, a fémvas pedig elektromosan sem-

leges, úgy hogy az előbbi egyenletet így is írhatjuk :



A folyamat abban áll, hogy a ferri-ion elektromos töltésének egy harmadát elveszti és ezzel ferro-ionná változik, másrészt a fém-vas elektromos töltést kap és ugyancsak ferro-ionná alakul.

b) A 11. ábrán a ferrichlorid-oldattal körülvett a platina-elektrodnak az a rendeltetése, hogy a ferri-ion töltését átvegye. A külső edényben van alkalmazva a vas-elektrod, mely tetszésszerinti elektrolytba,



11. ábra. Áramkeletkezés módja.

például nátriumchlorid-oldatba merül. A jelzett chemiai folyamat azonnal megindul, mihelyt a platina-elektrodot a vas-elektroddal vezetőleg összekötjük. A ferri-ion átadja a platínának pozitív töltését, ez a külső vezetéken át a vashoz jut és lehetségessé teszi, hogy ez pozitív töltésű ferro-ionná változzék. A ferro-ion jelenlétét a kísérlet befejezése után mind a belső, mind a külső folyadékban vörös vérlúgsó-oldattal könnyen kimutathatjuk.

A felsorolt kísérletekből az áram keletkezésének mechanizmusa megérthető. A végállapot az a) alatt leirt direkt és a b) alatti, áramelőállításal végbemenő

kísérletekben teljesen ugyanaz. Az egyedi különbség csak az, hogy a direkt kísérletekben a chemiai energia látszólag közvetlenül hővé változik, a b) alatti berendezésben pedig a chemiai energiából első sorban elektromos energia keletkezik, a mely azután a Joule-féle törvény értelmében hővé alakul.

Az a sajátosság kapcsolat, mely a chemiai folyamat és az áramelőállítás között fennáll, igen tisztán nyilvánul abban a felfogásban, melylyel Nernst nemcsak az áram előállító folyamatok törvényeit a chemiai mechanika ismert elveire vezette vissza, hanem a galvánelemek el-

méletének alapját is megvetette. Nernst gondolatmenete a következő:

Az oldás a párolgáshoz hasonló folyamat. Épen úgy, mint valamely illékony test adott térben addig párolog, míg az illető tér a test gőzével nem telítődött, úgy az oldás folyamata is mindaddig tart, míg az oldat az oldódó anyagra nézve nem telített. A telített gőz nyomásának a telített oldat osmosis nyomása felel meg. A folyós bróm például 20^o-on addig párolog, míg nem gőzének nyomása 0.23 atm., vízben pedig mindaddig oldódik, míg osmosisnyomása nem 5.35 atm. Az előbbi értéketa bróm párolgásbeli *tensió*-jának, az utóbbit Nernst ajánlatára czélszerűen a bróm oldásbeli tensiójának nevezzük. Az oldásbeli tensio az oldódó anyag és az oldószer chemiai minőségétől és a hőmérsék-től függ.

Míthogy semmi okunk nincs feltenni, hogy absolute oldhatatlan test is legyen, ennél fogva minden testnek egészen határozott oldásbeli tensiót kell tulajdonítanunk. Sajátságos viszonyok vannak a fémeken azon körülménynél fogva, hogy csak pozitív elektromossággal töltött ionok alakjában lehetnek jelen az oldatban.* Minden fém sójának olyan oldatával lehet csak egyensúlyban, melyben a fém-ionok osmosisnyomása az illető fém oldásbeli tensiójának megfelel. Minden más esetben változásnak kell bekövetkeznie. Az így definiált osmosisnyomást a fém *elektrolytos oldásbeli tensió*-jának nevezzük. Ha a fém-ionok osmosisnyomása az elektrolytos oldásbeli tensiónál kisebb, a fém az oldatban fel fog oldódni, ellenkező esetben pedig, a mikor az oldat a fémmre nézve túltelítettnek tekintendő, a fém-ionok egy része a fémmre le fog csapódni, épen úgy, a mint valamely só a saját nem

* Az újabb időben nagyobb számmal előállított colloidális fém-oldatok nem tekintethők valóságos oldatoknak.

telített oldatában feloldódik, a túltelített oldatba mártva pedig a só egy részének kiválását okozza. Míg azonban a sónál az oldódás, illetőleg a só kiválása addig tart, míg osmosisnyomása a telített oldaténak megfelel, addig a fémek esetében elektrostatikai erők keletkeznek, melyek a további változásnak csakhamar ellenszegülnek. Lássuk az itt lehetséges eseteket külön-külön.

Ha a fém elektrolytos oldásbeli tensiója nagyobb az oldatban foglalt fém-ionok osmosisnyomásánál, a fém egy része pozitív töltésű ionok alakjában az oldatba hatol, miáltal az oldat pozitív elektromos töltést kap. Maga a fém, mint-hogy eredetileg elektromosan semleges volt, ez által negatív töltésűvé válik. A fém és az oldat között tehát potenciálkülönbség jön létre, mely csakhamar annyira növekszik, hogy az ebből származó elektrostatikai hatás a fém oldódását megakadályozza.*

Ha a fém elektrolytos oldásbeli tensiója az oldatban foglalt fém-ionok osmosisnyomásánál kisebb, érintkezéskor a fém-ionok egy része a fém felületén kiválik, miáltal ebben pozitív elektromosság, az oldatban pedig a most túlnyomó számban visszamaradt anionok negatív töltése miatt szabad negatív elektromosság halmozódik fel. Egyensúly ismét akkor áll elő, a mikor az így létesülő potenciálkülönbségből eredő elektrostatikai hatás az ionok további kiválásának véget vet.

Hogy a fémek oldódása, illetőleg a fém-ionok kiválása a most tárgyalt esetekben analytikai úton ki nem mutatható,

* A fém szabad negatív elektromossága ugyanis vonzza a pozitív töltésű fém-ionokat, vagyis őket az oldatból kiválasztani törekszik, az oldat szabad pozitív töltése pedig taszító hatása következtében bejutásukat megnehezíti. Mindkét ok tehát ugyanazon értelemben, még pedig az oldásbeli tensio ellenében működik.

az nem szól az ismertett felfogás helyessége ellen. Az ionok elektromos töltése (1 g-egyenértéké 96540 coulomb) ugyanis oly óriási nagy, hogy a nevezett potenciál-különbségek magyarázatára szükséges anyag-mennyiségek az analitikai meghatározás határain túlesnek.*

A potenciál-különbség (π), mely valamely fém és sójának oldata között előáll, az elmondottak szerint két tényezőtől függ: a fém elektrolytos oldásbeli tensiójától (P) és a só-oldatban foglalt fémionok osmosis-nyomásától (p). E potenciál-különbség-agáz-törvények felhasználásával elméleti úton kiszámítható; értéke közönséges hőmérséken (180-on) n értékű földre nézve:

$$\pi = \frac{0.0577}{n} \log \frac{P}{p} \text{ volt.}$$

A fémekre vonatkozó megfontolások közvetlenül alkalmazhatók a nem-fémes elemekre is. A tapasztalat kiderítette,

* Hogy milyen rendűek azok az ionmennyiségek, melyek e statikai töltések magyarázatára elegendők, arról a következő megjegyzés nyújt fogalmat. Valamely ion egy g-egyenértékének 96540 coulomb-nyi töltése, a Föld méreteivel bíró vezető gömb felületén eloszolva, azon 138 millió volt-nyi elektromos potenciált létesítene. Hogy ez óriási elektromosság-mennyiség az elektrolyt oldatában rögtön szét nem szóródik, az az egyidejűleg jelenlevő, ugyanakkora ellentétes töltésnek tulajdonítandó. Azt hihetnők az előbbi megjegyzésből kifolyólag, hogy az ionok felületén lokalizált, ellentétes töltések óriási és ennél fogva valószínűtlen potenciálok föltételezésével képzelhetők csak el, melyekkel szemben a dielektricum, az oldószer, már nem teljesíthetné szigetelői feladatát. A számítás azonban meggyőz arról, hogy semmi fizikai lehetetlenség sincs föltevésünkben. B u d d e végzett az atomok méretének tekintetbe vételével ilyen számításokat, a melyekből kiderült, hogy a hidrogén-atomokon mintegy 10 volt-nyi, a többiek csak egy-néhány volt-nyi az elektromos töltés potenciálja, tehát olyan rendű, a milyen igen jól elképzelhető.

hogy, ha nemes fémből, legczélszerűbben platinából álló elektród nem-fémes elemmel, például hidrogénnel, oxigénnel, chlórral, brómmal, jóddal érintkezik, épen úgy viselkedik, mintha ez elemekből készült elektród volna. Ilyen értelemben szokás hidrogén-, oxigén-, brómelektrodáról stb. beszélni. A 135., 136. lapon leírt kísérletekben már találtunk ilyen elektródokat. Az ilyen elektród és az oldat között potenciál-különbség szintén csak akkor nem keletkezik, ha az elem ionjainak osmosis-nyomása az illető elektród elektrolytos oldásbeli tensiójával egyenlő:

Ha olyan galvánelemet szerkesztünk, melyben az elektródokat környező ionok osmosis-nyomása ugyanakkora, mint az illető elektród elektrolytos oldásbeli tensiója, e galvánelem, föltéve, hogy a most tárgyaltakon kívül más áramfejlesztő ok nincs, áramot nem szolgáltatna. A valóságban az ilyen galvánelemnek is volna, bár igen csekély, elektromindító ereje. Ez elektromindító erőnek két forrása van: az egyik az elektródok fémeinek érintkezéséből származó potenciál-különbség, a mely, mint a 110. lapon láttuk, legfeljebb egy-két század volt-ot tehet; a másik az elem két folyadékának érintkezésekor előálló potenciál-különbség. Ez utóbbinak eredetéről a következő gondolatmenet ad felvilágosítást:

Ha két só-oldat egymással érintkezik, a diffusio jelensége következik be. Mint-hogy a kationok és az anionok általánoságban különböző sebességgel diffundálnak, az egyik oldatban bizonyos idő múltán a kationok száma, a másikkban az anionoké válik túlnyomóvá, azaz az egyik oldat pozitív, a másik negatív elektromos töltést kap. E töltések addig növekednek, míg végül statikai hatásuk a kationok és az anionok diffusio-sebességét úgy módosítja, hogy egyenlőkké válnak. N e r n s t és P l a n c k elméleti úton le is vezette azokat az egyenleteket, melyek alapján

az így előálló potenciál-különbségek az ionok koncentrációjából és vándorlásuk sebességéből kiszámíthatók. E számításokból kiderült, hogy a szóban forgó potenciál-különbségek többnyire csak ezred volt-okat, és csak ritkán kevés század volt-okat tesznek.

Ha tehát az elektródok fémeinek érintkezéséből származó és az elemet alkotó oldatok határfelületén keletkező potenciál-különbséget, mint rendszeren elenyészőt, nem vesszük számba, úgy a galvánelem elektromindító ereje (E) két tagból, az egyik elektród és az elektrolyt (π_1), és az elektrolyt és a másik elektród közötti (π_2) potenciál-különbségből tevődik össze. E szerint

$$E = \pi_1 + \pi_2 = \frac{0.0577}{n_1} \log \frac{P_1}{P_1} + \frac{0.0577}{n_2} \log \frac{P_2}{P_2}$$

vagy, ha az egyszerűség kedvéért $n_1 = n_2 = n$, azaz, a két elektród féme egyenlő valenciájú,

$$E = \frac{0.0577}{n} \left(\log \frac{P_1}{P_1} - \log \frac{P_2}{P_2} \right).$$

E képletet két határesetre fogjuk alkalmazni, nevezetesen :

a) Legyen az elektródokkal érintkező két só-oldatban a fém-ionok osmosis-nyomása egyenlő, azaz $p_1 = p_2$, akkor

$$E = \frac{0.0577}{n} \log \frac{P_1}{P_2},$$

azaz a galvánelem elektromindító ereje csakis az elektródok elektrolytos oldásbeli tensiojának viszonyától függ. Ilyen galvánelemek elektromindító erejének mérése útján tehát a különböző fémek elektrolytos oldásbeli tensiojának viszonya, és, ha egyetlen fém elektrolytos oldásbeli tensioja abszolút értékben ismeretes, minden más fém elektrolytos oldásbeli tensioja is meghatározható. A higanyra nézve ez értéket egy eljárással, melynek leírásába itt nem bocsátkozhatunk, sikerült meghatározni; az ebből más fémekre nézve is kiszámított értékek a következők :

Néhány fém elektrolytos oldásbeli tensioja.

Czink	10^{18} atm.	Nikkel	10^0 atm.	Réz	10^{-12} atm.
Cadmium	10^7 »	Ólom	10^{-2} »	Higany	10^{-15} »
Vas	10^3 »	Hidrogén	10^{-4} »	Ezüst	10^{-15} »

Ez adatokból látható, hogy a fémek elektrolytos oldásbeli tensioja rendkívül különböző értékű. Egyes fémeké, pl. a czingé, oly óriási nagy, hogy a czingésók legconcentráltabb oldatában sem éri el a czing-ionok osmosis-nyomása az elektrolytos oldásbeli tensio értékét; a fém-czink tehát bármely sójának oldatával szemben negatív töltésűvé válik. A réz elektrolytos oldásbeli tensioja rendkívül csekély; a rézennélfogva sóinak leghígabb oldatában is pozitív töltésű és csak az esetben, ha a réz-ionok osmosis-nyomását szerfelett csökkentjük, pl. oly módon, hogy az oldatot káliumcyanid-oldattal ele-

gyítjük, mely a réz-ionokat úgyszólván

teljesen a complex $\text{Cu}(\text{CN})_2$ -ionná alakítja, érhető el, hogy a cupri-ionok osmosis-nyomása a réz elektrolytos oldásbeli tensiojánál kisebbé válik, hogy tehát a fém-réz az oldattal szemben negatív töltésűvé lesz. Sőt a fém-réz és a káliumcyanid-oldat közötti potenciál-különbség a réz-ionok rendkívül csekély osmosis-nyomásánál fogva meghaladja a fém-czink és a czing-szulfát-oldat közötti potenciál-különbséget, és, minthogy e potenciál-különbség mértéke azon erőnek, melylyel a fém az oldatba jutni törekszik, az olyan

galván-elemben, mely cizinkszulfát-oldatba mártott fémczinkből és káliumcyanid oldatába mártott fém-rézből van kombinálva, nem a fém-czink oldódik a réz kiválása közben, hanem a réz oldódása közben fém-czink válik ki. Az elektródok elektrolytos oldásbeli tensiójának és az ionok osmosis-nyomásának ismeretéből tehát a beálló chemiai változás iránya megállapítható.

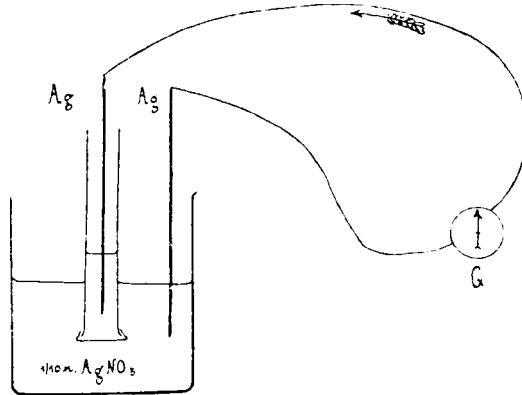
b) A másik határeset, a melyre a fentebbi képletet alkalmazni kívánjuk, az, a mikor a két elektród elektrolytos oldásbeli tensiója egyenlő, azaz

$$P_1 = P_2.$$

Ez esetben

$$E = \frac{0.0577}{n} \log \frac{p_2}{p_1},$$

azaz az elem elektromotoros ereje csakis az ionok osmosis-nyomásának viszonyától függ. A nevezett föltételnek megfelel az olyan galvánelem, melynek két, ugyanazon fémből készült elektródja ezen fém valamely sójának két különböző koncentrációjú oldatával érintkezik. A 12. ábrán látható, már többször használt készülék belső és külső edényébe $1/10$ normális ezüstnitrát-oldatot öntünk, majd mindkettőbe ezüstelektródot mártunk és őket vezetőleg összekötjük; a beígatott



12. ábra. Concentrációs elem.

galvánométer tűje nem tér ki. Ha azonban a belső edényben az ezüst-ionok osmosis-nyomását csökkentjük, az által pl., hogy nátriumchlorid-oldatot öntünk bele, azonnal erős kitérést kapunk. Az áram iránya a nyíl irányának felel meg, azaz a belső edényben, melyben az ezüst-ionok osmosis-nyomása kisebb, az ezüst-elektrod feloldódik, a külsőben pedig az ezüst-ionok fém-ezüst alakjában kiválnak. E galvánelem elektromindító ereje a külső és a belső oldatban foglalt ezüst-ionok osmosis-nyomásának, vagy a vele arányos koncentrációknak viszonyától

függ. Ha a belső edényben az ezüst-ionok koncentrációját fokozatosan csökkentjük, a mit a 132. lapon elmondottak szerint ammonia, majd káliumjodid és végül káliumcyanid oldatával való elegyítés útján érhetünk el, akkor az elem elektromindító ereje, azaz a galvánométer tűjének kitérése,* folyvást nő. E galvánelemek elektromindító ereje O s t w a l d mérései szerint :

* Ha a galvánométer ellenállása a galvánelem belső ellenállásához képest nagy, a kitérések az elem elektromindító erejével arányosoknak tekinthetők.

<i>A galvánelem összetétele :</i>			<i>E.</i>	<i>C₁</i>
Ag	$\frac{1}{10}$ n. Ag NO ₃	n. KCl-oldat, Ag Cl	Ag 0.51	$V. 1.4 \times 10^{-10}$
Ag	$\frac{1}{10}$ n. Ag NO ₃	n. H ₃ N-oldat, kevés Ag NO ₃	Ag 0.54	$\gg 4.4 \times 10^{-11}$
Ag	$\frac{1}{10}$ n. Ag NO ₃	n. KBr-oldat, Ag Br	Ag 0.64	$\gg 8.1 \times 10^{-13}$
Ag	$\frac{1}{10}$ n. Ag NO ₃	n. KJ-oldat, Ag J	Ag 0.91	$\gg 1.7 \times 10^{-17}$
Ag	$\frac{1}{10}$ n. Ag NO ₃	n. KCN-oldat, kevés Ag NO ₃	Ag 1.31	$\gg 2.0 \times 10^{-24}$

Ez elektromotoros erők és a külső oldatban foglalt ezüst-ionok koncentrációjának (C_2) ismeretéből viszont következtetést vonhatunk az

$$E = 0.0577 \log \frac{C_2}{C_1}$$

egyenlet alapján a belső edény oldatában levő ezüst-ionok koncentrációjára (C_1). Így a tárgyalt elemek elsejére vonatkozólag, ha az egyszerűség kedvéért az ezüstnitrátot $\frac{1}{10}$ n. oldatban teljesen dissociálnak tekintjük,

$$0.51 = 0.0577 \log \frac{0.1}{C_1},$$

a miből

$$C_1 = 1.4 \times 10^{-10}.$$

Hasonló módon számították ki a fenti táblázatban közölt, a többi elemekre vonatkozó C_1 -értékeket is.

A leirtohoz hasonló szerkezetű elemeket *concentrations elemek*-nek szokás nevezni. Ez elemek gyakorlati fontossága főképen abban rejlik, hogy segítségével olyan ion-concentrációk határozhatók meg, melyek vagy csekélységük-nél fogva, vagy egyéb ionok zavaró jelenléte miatt semmiféle más módszerrel nem volnának megállapíthatók. Így dr. R h o r e r L á s z l ó ilyen alapon kimutathatta, hogy a vizeletben a hidrogén-ionok koncentrációja 30×10^{-7} , dr. F a r k a s G é z a pedig, hogy a lúgos folyadékknak minősített vérsavó hydroxyl-ion koncentrációja 1×10^{-7} , a mi, ha tekintetbe vesszük, hogy a tiszta vízben a hidrogén-, illetőleg a hydroxyl-ionok koncentrációja 0.8×10^{-7} , annyit tesz, hogy a vizelet csak igen kis mértékben savanyú,

a vérsavó pedig igen közelítőleg semleges folyadéknak tekintendő. Méréseikhez hidrogén-elektrodokat használtak, melyek egyrészt ismert koncentrációjú, például 0.01 normális sósavval, másrészt a vizsgálandó folyadékkal érintkeztek. Az elemnek mért elektromindító erejéből és a sav ismert hidrogén-ion koncentrációjából a fentebb ismertetett módon a vizsgálandó folyadékban foglalt hidrogén-, illetőleg hydroxyl-ionok koncentrációja kiszámítható.*

Az ion-elmélet egyéb, bár tudományos és esetleg gyakorlati szempontból is figyelemreméltó alkalmazásainak felsorolását mellőzöm. Az a fontos szerep, mely az ion-elméletnek a chemia minden ágában jutott, azt hiszem, az eddigiekből is eléggé kiviláglik. És, bár a rohamos fejlődés időszakát most az elmélet kiépítésének nyugalmas, de nem kevésbé serény munkája váltja fel, egy új, hatalmas impulsus csirái máris jelentkeznek: a szabad elektromos atómkok, az elektronok elmélete, az ion-elméletre támaszkodva és vele szövetkezve, a legközelebbi jövőben talán hasonló munkára lesz hivatva, mint az elektrolytos dissociatio elmélete a mult század nyolczvanas éveinek végén.

BUCHBÖCK GUSZTÁV.

* Vizes oldatokban a hidrogén- és a hydroxyl-ionok koncentrációjának szorzata a víz dissociatio-egyensúlyánál fogva állandó, még pedig 18^o-on:

$CH. COH = [0.8 \times 10^{-7}]^2 = 0.64 \times 10^{-14}$.
A hidrogén-ionok koncentrációjából tehát ez egyenlet alapján a hydroxyl-ionokét kiszámíthatjuk.

TERMÉSZETTUDOMÁNYI MOZGALMAK.

A légkör összetétele a különböző magasságokban. A múlt század utolsó tizedében a körlég alkotó részeiről való ismeretünk új gázak fölfedezésével bővült; a későbbi, főleg G a u t i e r vizsgálatai* kiderítették, hogy a légkörben mérhető mennyiségű hidrogén is van. Ily körülmények közt az északi fény, a villám és a hullócsillagok szinképeinek értelmezése szempontjából igen kívánatos volt adatokkal rendelkezniük, hogy a légkör alkotó részei a különböző magasságokban minő százalékban fordulnak elő. E végből H a n n, a kiváló meteorologus, a körlég 8 alkotó gázáról (nitrogén, oxigén, argon, széndioxid, hidrogén, neon, hélium és krypton) kiszámította, hogy 10, 20, 50 és 100 km-nyi magasságban mindegyikök hány százalékban található.

H a n n először 0° C. középhőmérsékletre vonatkozólag végezte a számítást. Föltéve, hogy e hőfokon a hidrogén mennyisége a Föld színén 0·01 térfogati százalék, vagyis az a szám, a mely a G a u t i e r és l o r d R a y l e i g h adta

Magasság	0 km	10 km	20 km	50 km	100 km
Középhőmérséklet	10°	—18·5°	—38·5°	—60°	—80°
Nitrogén	78·03	81·20	84·34	79·17	0·099
Oxigén	20·99	18·10	15·19	7·03	0·000
Argon	0·94	0·56	0·31	0·03	0·000
Széndioxid	0·03	0·015	0·006	0·000	0·000
Hidrogén	0·01	0·035	0·147	13·645	99·448
Neon	0·0015	0·002	0·004	0·000	0·000
Hélium	0·00015	0·000	0·002	0·126	0·453
Krypton	0·0001	0·000	0·000	0·000	0·000
Összes nyomás	760·0	199·22	42·18	0·319	0·02233 mm.

Miként az összeállításból kitűnik, a körlég 100 km magasságban már csak legkönnyebb alkotó részeiből, a hidrogénből és héliumból áll, és a fajsúlya a

értékek közt van, úgy a hidrogén 50 km magasságban az oxigénnek már 1/3-ával egyenlő, 100 km magasságban pedig már meghaladja a nitrogén és oxigén összegét, a hol a légkör már 0·9 részében hidrogénből áll. A levegő héliumtartalma is nagyobb ugyanott az oxigén tartalmánál; az argon, a széndioxid, a neon, és főleg a nagy sűrűségű krypton mintha nem is volna, sőt a széndioxid már az 50 km magasságban is roppant ritka gázzá válik.

Ezután H a n n a légkör valódi, vagy, helyesebben szólva, valószínű hőmérsékleti állapotának megfelelően végezte a számítását; e végből a tudományos lég-hajózásból a T e i s s e r e n c e d e B o r t és az A s s m a n n nyújtotta legújabb adatokra támaszkodott s fölvetve, hogy alélgkör hőmérséklete 10 km magasságban —18·5°, 20 km szintájön —38·5°, 50 km magasságban körülbelül —60° és 100 kilométeren —80° C. E számítás eredményét térfogati százalékokban az említett valószínű középhőmérsékleten a következő összeállítás adja:

hidrogén fajsúlyával egyenlő. Ezzel az eredménnyel egyeznek azon a spektroszkópi adatok, melyeket e magasságra vonatkozólag találtak. Így P i c k e r i n g tapasztalta, hogy egy 150—200 km magasságban levő meteornak a szinképében

* Pótfüzetek 1902. évi 48. 1.

hidrogén- és hélium-vonalak fordultak elő, s hogy a villám szinképében leginkább az argon, krypton és xenon jellemző vonalai voltak.

Ramsey megállapította, hogy a kryptonnak jellemző zöld vonalai megegyeznek a sarki fény szinképében található zöld vonalakkal; ebből következteti, hogy a sarki fény sugarainak zöld színe a sarkvidéki tájakon levő krypton jelenlétével magyarázható. Sőt alkalmas berendezéssel sikerült is Ramsey-nak, hogy az északi fényt egyedül a kryptonnal utánozza is. Hogy azonban miért gyűlemlik össze a krypton épen a sarki tájakon, annak oka eddig ismeretlen volt. Hann úgy vélekedik, hogy az ok abban keresendő, hogy a krypton, a mely a xenon után a legsúlyosabb gáz, a légkör legalsóbb tájaira szorítkozik. Minthogy az északi fény csakis a sarkok mellékén ereszkedik le a légkör alsó rétegeibe, és alig néhány km-nyi magasságban fordul elő, ellenben az alacsonyabb szélességi fokokon csak nagyobb, egészen 60 km-ig terjedő magasságokban jelenkezik, a hol krypton úgyszólván már nincs is, megérthető, hogy miért zöld színű az északi fény a sarki tájakon.

Megjegyzendő, hogy a fentebb közölt számításban a légkör vízgőztartalmát nem vették figyelembe. (Meteorologische Zeitschrift, 1903. évf. 122—126. 1.)

Cs.

A rádiumsugarak élettani hatásáról. London S. E. 30 milligramm súlyú rádiumbromiddal kísérletezett akként, hogy a rádiumbromidot guttapercsából és fémből készült dobozban tartotta, a melynek teteje csillám volt. Eredményei a következők:

A rádium bizonyos távolságból emlős állatot ölhet meg. Már Danyusz közölte volt, hogy a patkány elpusztul, ha beforrasztott üvegsőbe zárt rádiumot he-

lyeznek a bőre alá az agyveleje, vagy a nyúltagya tájékán. London 27 egérrel kísérletezett, melyek közül 6 ellenőrzésre szolgált. Az egereket hálószerű czinkfedővel ellátott üvegedényben tartották. A fedőn 1—3 napig ott állt a rádiumsót magában foglaló doboz. Az ellenőrzésre szánt egerek vígan ugrándoztak és súlyukban gyarapodtak, a kísérleti állatok pedig a 4—5. napon elpusztultak. A harmadik napon rendszeren megbetegedtek; pirosság jelentkezett a fülökön, pislogás a szemökön, erre pedig álmoság, étvágytalanság, álmokör és főleg a hátsó végtagok bénulása következett. A boncolás kiderítette, hogy agyvelejök igen súlyosan elváltozott.

A rádiumot tartalmazó doboz az ember bőrére már messziről is hat, s a bőrön égésszerű elváltozás keletkezik.

A fény iránt alig érzékeny vakok világos szobában megérik a fényt, ha egyik vagy másik szemükhöz rádiumot közelítünk. Az olyan vakok, kik a fényt és árnyékot meg tudják különböztetni, de a test alakját nem, a rádiumtól megvilágított ernyőn sötét szobában megkülönböztetik a reá vetett, vagy rajta levő tárgy körvonalait.

Ha az ember szemét a fénytől elzárják, legyen bár épen látó vagy vak, megérik a fényt, ha rádiumbromidot 10—15 cm távolra tartják a szeméhez, vagy ha rádiumot a halántékához, homlokához, vagy a fejéhez közelítenek. A fényérzet egyénenként változik; némelyek »látják« a rádiumot, ha csak koponyájokhoz viszik is közel. A hatás akkor is mutatkozik, ha a kísérleti egyén szemét kétszeresen, vagy háromszorosan bekötik és a rádium fémdobozban van.

Ha rádiumport tenyerünkön szét hintünk és mikroszkóppal vizsgáljuk, sötét alapon világító pontokat látunk. (Berl. Klin. Wochenschrift, 1903. évf. 23. sz.)

Megjelenik évenként
négy füzetben, há-
romnagy nyolczadrét
ívnyi tartalommal;
időnként szövegközi
ábrákkal illusztrálva.

PÓTFÜZETEK

A TERMÉSZETTUDOMÁNYI KÖZLÖNYHÖZ.

ÉV NEGYEDES FOLYÓIRAT.

E folyóiratot a tár-
sulat tagjai évi 2 K.
ráfizetéssel kapják;
előfizetési ára, a Ter-
mészettud. Közlöny-
nyel együtt, 12 K.

XXXV. KÖTETHEZ.

1903. NOVEMBER

4. PÓTFÜZET.

Az élet és a hasonló jelenségek.

A haladó természettudomány is a társadalom képéhez alkalmazko-
dik. A régi természetbúvárok áthághatatlan falakat állítottak fel az egyes
tudományszakok között, és a bölcsészet volt az, a mely a gondolatokat,
eszméket közvetítette és őket némileg összekapcsolni iparkodott. Zoologia,
mineralogia, botanika, de különösen az ő fiziologiájok, a fizika, chemia,
mathematika, mind különálló tudományok, sőt az egyes szakok-
ban is osztályok vannak átmenet nélkül. A természeti igazságok meg-
ismerése, különösen az elektromosság, hőtan, a sejtek élete és más
fizikai tünetmények között fennálló hasonlóság, nevezetesen az ozmotikus
nyomás mibenléte, a diffúzió, az áteresztő és félig áteresztő hártályak
szerepe mind a fizikai jelenségekben, mind a növényi és állati életben
nivellálólag hat és megmutatja azt a helyes kapcsolatot, mely az egész
szerves és szervetlen életet összefűzi.

Wöhler volt az a tudós, a ki 1828-ban az első, de döntő lépést
tette meg, midőn egyszerű fizikai ténynyel, melegítéssel, átalakította a
cyánsavas ammoniumot a mennyiségileg teljesen azonos összetételű
karbamiddá, melyről addig azt hitték, hogy egyedül csak az állati anyag-
cserében képződhetik. Ez időtől fogva folytonosan szaporodik az elemi
alkotó részekből mesterségesen összeszőtt vegyületek száma, melyek-
nek képződésére valamikor mulhatatlanul szükségesnek tartották az élő
sejt közreműködését. Minden irányban bővülnek fizikai és chemiai ismer-
eteink, melyek észszerű magyarázatát szolgáltatják a legtöbb élettani
jelenségnek, úgy, hogy ma fizikai és chemiai módszerek összevágó alkalmazásával,
egyelőre bár nehézkesen, de egyes tényeiben mégis utánoz-
hatjuk a természetnek mind építő, mind romboló munkásságát.

Az élet, valamint legtöbb jelensége is megmagyarázható azzal,
hogy semmiféle anyag nincs abszolút nyugalomban, hanem magukban a
legkisebb részeken belül, a molekulában, a legélénkebb mozgás van,
tehát ezek is magukon viselik az életnek, a folytonos egyesülésnek és
bomlásnak legkifejettebb tünetményeit.

Sok esetben segítségünkre van az a körülmény, hogy a mai természettudományi felfogás nem ragaszkodik többé mereven a mai atóm- és molekula-elmélethez, a létező és ilyeneknek ismert, felbonthatatlan elemekhez, hanem szigorú számításokból vont merész következtetések nyomán az ősananyag elmélete felé hajol. Az oszthatatlan atómot az ezerszer is kisebb elektronokból állónak tekinti és úgy képzei, hogy ezeket az elektromos vonzás köti össze.

Pozitív és negatív elektromos áramot ismerünk; két főcsoportba osztjuk az elemeket: fémekre és nem fémekre, melyekről felteszszük, hogy épen ellenkező elektromos töltésűek. Ugyanis, ha különböző vegyületek oldatába elektromosságot vezetünk, az elektromosságot vezető testek olyformán bomlanak el, hogy a pozitív vezetéken, az anódon, a nem fémi jellemű elemek, tehát a nitrogén, oxigén stb., a negatívon, a kathódon pedig a fémi jelleműek, tehát az arany, vas, nátrium stb. válnak ki. E tüneménynek egyszerű magyarázatát adja az a föltevés, hogy a szemünk előtt megjelenő atóмок részint pozitív, részint negatív elektromossággal vannak töltve, e miatt, hódolva az elektromosság törvényeinek, jellemökkel ellenkező áram esetében megsűrűsödnek és leválnak. Fölteszszük azt is, hogy az atóмокot, vagy az őket alkotó elektronokat, nem a tömeg ereje, hanem az ellenkező elektromos áramok vonzása tartja össze azon vegyületté, melyet mi észlelünk. Maxwell meghatározásaiból tudjuk, hogy a hidrogén- és az oxigén-ionokat 400,000 billiószor erősebb erő köti össze, mint a mely tömeg-vonzásuknak megfelelne. Óriási az az erő, mely az atóмокot összekapcsolja, de korántsem akkora, hogy őket nyugalomban tartsa. Az atóмок a szilárd anyagok molekuláin belül bizonyos mozgást végeznek a nélkül, hogy a molekuláktól elválának, de szétesnek, azaz disszociálódnak, ha az összeköttetést kémiai, érintésbeli vagy elektromos hatással gyengítjük. Svante Arrhenius állapította meg, hogy a vízben oldott sók atómkjai, a folyadék kémiai vonzása révén széthullóban vannak, és így ez oldatok a folytonos elektromos kiegyenlítődést, bomlást és egyesülést tárják elénk, mert a sók nem mint ilyenek, hanem ionjaikra bomolva fordulnak elő az oldatban*. Természetes, hogy, ha ily közegbe elektromos áramot vezetünk, benne az egyensúly megváltoztatása miatt, a már vázolt irányban bomlás áll elő.

Már régóta alkalmazza a fiziológia e tüneményt egyes folyamatok megmagyarázására, az ipar pedig értékesíti a fémkohászatban és galvanoplasztikában.

Elektromos árammal különböző elemeket tudunk egyesíteni: szénből és hidrogénből mocsárgázt, mészből és szénből calciumkarbi-

* V. ö. a Pótfüzetek 120 és következő lapjait.

dot, szénből és kénből szénszulfidot stb. tudunk előállítani. Felismerik egyes tudósok az elektromos áramnak polymerizáló erejét és e módon számos vegyületet készítenek; e módon Lengyel Béla szénszulfidból különböző magasabbrendű vegyületeket és polimér módosulataikat kapta.

Az elektromosságot egyaránt kezdik alkalmazni az anyagépítő és bontó eljárásokban. Berthelot kísérleteket tett a czukornak elektromos árammal való elbontására, s eredményül széndioxidot, sőt nyomokban szeszt is kapott, legújában pedig J. Walther-nek sikerült széndioxidból czukrot előállítania és így elektromossággal a természet és széjjelbontó folyamatokat utánozni.

Rég ismeretes,* hogy elektromos árammal háromféle chemiai hatás létesíthető: először úgy, hogy a felszabadult atómok, vagy atómcsoportok egymásra hatnak; másodsor a felszabadult ionok hatással vannak az elektródra, oldószerre vagy a benne oldott testre, s harmadsor az atómcsoportok az oldószer hatására a molekulákon belül helyezkednek el, tehát izomér vegyületek keletkeznek, vagy, mint már említettük, az áram hatására polyméria áll elő, a mely rendezkedést azonban egy az áram hatására bekövetkező oxidálódás vagy redukálódás vezethet be. E tünetnyeket az említett sorrendben első-, másod- és harmadrendű hatásoknak mondjuk.

Az elsőrendű hatásokra a legegyszerűbb példa az eczetsav elektrolizise, mely új vegyületként széndioxidot és metánt ad.

Az elektromos árammal való összes redukziós, oxidációs és helyettesítő folyamatokat, melyek majd az összes chemiai átalakulásokat, továbbá a rendes fiziologiai proceszusokat, az asszimiláció, disszimiláció jelenségeit felölelik, a másodrendű hatások keretébe soroljuk. Az oxidáció és redukció lefolyását az áram mineműsége szabja meg, miért is e hatásokat váltakozó árammal érzük el. Így, mikor karbaminsavas ammonium vizes oldatát váltakozó árammal elektrolizáljuk, az egymást követő oxidáció, majd redukció karbamidot eredményez, melyet Wöhler más úton, melegítéssel állított elő.

A másodrendű hatáshoz kiindulásában gyakran hasonlít a harmadrendű hatás is és a különbség csak a végtermék átalakulásában van. Ha például nitrobenzolt elektrolizálunk, a másodrendű hatásból keletkező fenilhidroxilamin rögtön amidofenollá alakul át.

Ezekből látható, hogy az elektromossággal szabaddá tett ionok, vagy atómcsoportok a legkülönbözőbb átalakulásokat eredményezik. A csoportok létesítése a kezünkben van, mert az áram irányának gyorsabb, vagy lassúbb változtatása szabja meg a másodrendű hatásokat, az oxi-

* Chemiai Folyóirat 1900. évf. 134—6. lap.

dáció, redukció egyes szakaszait. Különböző feszültség alkalmazásával, a nulla nyomástól, tehát a légüres tért megközelítő állapottól egész a több millió légköri nyomásnak megfelelő helyzetet teremthetünk, a mi az átalakulásoknak számtalan módját adhatja.

Mindezek a reakciók semmi különös gépezetet nem kívánnak, hanem simán végezhetők, akár egy pohárkában; hasonló átalakulások történnek a protoplazmában is minden zaj nélkül. E kémiai hatások mind az elektródok körül játszódnak le, és mivel az elektródok megválasztása, minősége, nagysága teljesen a kezünkben van, egyuttal hatalmunkban van az áram intenzitása, sűrűsége is; ekként az időegységben leváló ionok mennyiségével is szabadon rendelkezünk, és a mikor akarjuk, a hatásra teremt atómcsoportok tetszésszerű töménységét vagy hígítását érhetjük el. Módosíthatjuk az áram kémiai hatását egyes anyagok hozzáadásával. Hisz tudjuk, hogy anorganikus testek elektrolizisekor, különböző kémiai szerek hozzáadásával elősegítjük a kívánt reakció elérését. Így például, ha chlórnátriumot elektrolizálunk, és a nátriumot, mint ilyent, akarjuk megkapni, továbbá a nátriumnak vízzel hidrogén fejlődése közben történő másodlagos bomlását ki akarjuk küszöbölni, anóduhiganyt használunk, hogy foncsor alakjában vegye föl a fémnátriumot; a folyadékot meg csak azért telítik konyhasóval, hogy a chlórnak oldhatósága kisebbitessék. Ugyanily okból, ha szulfátokat elektrolizálunk, és az SO_4 gyököt, mint ilyent, meg akarjuk kapni, olyan kathódot használunk, mely az SO_4 -et megköti, például cinket, különben oxigén fejlődése közben kénsavvá alakulná át. Hogy önhatalmúlag kizárhatjuk a harmadrendű hatást is, példa erre Gatterman reakciója, melyben a nitrobenzol elektrolizálásánál már említett, közbeesőleg keletkező fenilhidroxilamin mint ilyen kapható, ha az elektrolizálandóhoz formaldehidet, vagy benzaldehidet adunk, mert ekkor az aldehid a fenilhidroxilaminra hat, mielőtt még az oldószer hatása áthelyezhetné az atómcsoportot amidofenollá.

Ismerve ezeket, könnyű elektromossággal az élő természetbelihez hasonló átalakulásokat mesterségesen létesíteni; sőt a véletlen e téren is kezünkre járt, a mennyiben útmutatással szolgált, miként követhetjük és miként hasonlíthatjuk össze az itt felhozottakkal a természet csodás szervező tevékenységét. J. Walther ugyanis,* mint már említettük, széndioxidból kondenzációval a legkülönbözőbb szerves vegyületeket állította elő. Walther különböző vasas preparátumokat akart készíteni és ekkor azt a meglepő fölfedezést tette, hogy, ha különböző vas-sókat széndioxiddal terpentines közegben kezel, oxálsavat kap, ha pedig ugyanazt hidrogénhiperoxid jelenlétében teszi, pentozé, tehát cukorszerű anyag

* Chemiker-Zeitung. 1902. 66. sz.

áll elő. E kísérlet nagyon hasonlít a növényekben lefolyó asszimilációhoz; ugyanis a zöldlevelű növények szént tartalmazó alkotó részeit a levegő széndioxidjából készítik, mely O. Loe w és Th. Bokorny hipotézise szerint oxigén leszakadásával átmenetileg formaldehiddá alakul át, miből polymerizáció útján a többi szénvegyületek kiinduló terméke: a cukor keletkezik. Való, hogy a növények asszimilációkor széndioxidot nyelnek el és ennek ellenében oxigén válik le; ebben rejlik az erdők, mezők levegőtisztító hatása. Baeyer vizsgálataiból meg azt tudjuk, hogy a formaldehidből méztej segítségével szintén cukorszerű anyag, a formoze állítható elő. Eddigelé a formaldehidet nem sikerült a növényi asszimiláció közbeeső termékeként izolálni, mi abból is származhatik, hogy a formaldehiddé redukált széndioxid fokozatosan, de nagyon gyorsan cukorra kondenzálódik. Az asszimiláció oly rohamosan történik, hogy a közbeeső termékeket nem sikerül rögzíteni, s így természetes is, hogy csak a végtermékeket látjuk.

Walther alábbi kísérlete annyiban is fontos, hogy az asszimiláció menete szemlélhetővé tehető vele, mert ha nem chemiai úton, hanem elektromossággal akarjuk utánozni, akkor a már jelzett föltételek felhasználásával határt szabhatunk az egyes folyamatoknak s így az átmenetnek minden közbeeső fázisát és törvényeit is tanulmányozhatjuk. Ugyanis, midőn J. Walther a széndioxidnak egyszerű kontakt és chemiai hatás alapján végbemenő kondenzációját látta, ez költötte fel benne azt a gondolatot, hogy redukálhatósága elektromos árammal és más vegyülettel való átalakíthatósága sikerülni fog. Ezért széndioxiddal teljesen telített vízben egyes anyagok hozzáadásával, vagy a nélkül, különböző feszültségű árammal végezett kísérleteket, minek következtében más és más termékeket kapott. Már előbb jeleztem, hogy az elektroliziskor keletkező termékek minősége, azonossága, mennyisége, állandósága kapcsolatban van az áram mennyiségével, feszültségével, továbbá a kathódok alakjával, azonkívül az elektrolitekhez adott anyagok azonosságával és az elektroliziskor keletkező testekkel. Mindeme föltételek érvényre jutnak Walther kísérleteiben és a rendes anyagcserét tekintve, egyszersmind magyarázatát adják, hogy egyes közönyös anyagokra szükség van. Azonos erő Walther szinthézisében különböző termékeket létesít, mert nemcsak az eredetileg segítőül adott anyagok, hanem a keletkező termékek is, mint már tudjuk, magát az erőt és az ő hatására felépülő termékeket irányítják, épen mint a rendes asszimilációnál. Ugyanis midőn J. Walther két voltnyi áramfeszültséggel széndioxiddal teljesen telített vizet elektrolizált, a széndioxid oxigén leadása közben oxálsavvá, tehát olyan savvá alakult át, mely a növényekben és állatokban számos anyagcserénél képződni szokott. A feszültség rendszeres változtatásával előállíthatunk citromsavat, borkósavat, szénhidrátot, sőt ammonium-sók felhasználásával fe-

hérszerű vegyületeket is. A természet szénből és anorganikus, vagy organikus nitrogénvegyületekből, sőt szabad nitrogénből építi fel az életre nélkülözhetetlen, sőt sokak szerint az élet okát adó fehérje-vegyületeket. E szerint az átalakulás fokozatosan történik és ennek mértékét szolgáltatja az egyes vegyületek előállítására szükséges elektromos mennyiség. Két volt feszültségű árammal széndioxidból oxálsavat kapunk; ha 2:3·5-hez arányban emeljük: borkősavat, 2:4-hez arányban citromsavat, 2:5, 2:6, 2:7-hez való emeléssel pedig cukorszerű anyagokat, vagy ammoniumsók jelenlétében hérszerű anyagokat is állítunk elő. A kondenzáció erőssége mindig a feszültségtől függ és W alther szerint minden voltnyi feszültségtöbblet hat szénatómmal emeli a molekulát. A természetes építő folyamathoz e mesterséges annyiban is hasonlít, hogy az áramfeszültség a keletkező termékek arányában önmagától nő. Így nagyobb feszültség alkalmazásával az eleinte keletkező oxálsavból citromsav, borkősav, cukor, hérszerű vegyület lesz, de ez átalakulásra elsősorban hatással van egyes vas-, ammoniumsók, mézcarbonát stb. jelenléte, mint katódok anyaga. A katódok megválasztásában mindig figyelemmel kell lenni, hogy határozott arányosság álljon fenn az elektrolitben levő ellenállás és az elektródok között, különben semmiféle eredményt sem érünk el. A kondenzációt előmozdíthatjuk, ha az elektrolitek ellenállását sóoldatokkal, vagy diafragma közbeiktatásával emeljük az elektródokkal szemben. Így például, ha a citromsav képződésére alkalmas áramviszonyokat használjuk, tehát 4 voltot és 2·25 ampért, valóban citromsav keletkezik; de, ha a feszültséget 4—5 voltra emeljük és az áramerősséget a katódok felületének emelésével 3 ampèrra tesszük, hexozokat kapunk, ellenben nádcukor fog keletkezni, ha 5 volt a feszültség és 3 ampér az áramerősség.

Az elektromos áram nemcsak kondenzálól, hanem szétbontól is dolgozik, mert ha a szintézis bizonyos fokot elért, a termékeknek a kiindulásig terjedhető szétbomlása áll elő, tehát ebből az asszimiláció és disszimiláció egymás mellett haladó és szorosan összefüggő volta tűnik ki. Mint L o e w és B a e y e r észszerűen felállították, hogy a növényekben széndioxidból kondenzálással keletkeznek a szénhidrátok, a tapasztalás arra is rámutatott, hogy glukozydákából, hérsjékből is alacsonyabb cukrok keletkeznek, melyek tovább és tovább bomolva, mint széndioxid hagyják el a sejteket. W a l t h e r mindezekből, mint V. G r a f e a »Technisch-Naturwissenschaftliche Zeit«-ban fejtegeti, az ősalapanyag teoriájára helyezkedik és felállítja, hogy minden, a mi van, ez alapanyagnak különböző állapota. A munka fogalma alá kell venni mind a fiziológiai, mind a kémiai jelenségeket, melyeket a meleg, mint az energiának legegyszerűbb forrása vezet, mert meleg nélkül nincs sem fiziológiai, sem pedig kémiai folyamat. Minden mai elemet, vagy vegyületet alkotó

alapanyag a Naptól a Földre sugárzott meleg, és a szerint, a mint horizontális vagy vertikális irányban jutnak bizonyos meghatározott egyensúlyi állapotba, állanak elő a különböző testeket alkotó molekulák. A fény, a hő, a kémiai változások, az elektromosság, mind csak ez egyensúlyi állapot megzavarásának eredményei. Az elektromos feszültség, mely az itt tárgyalt reakciókat előidézi, szintén nem más, mint azon hőmérsékleti differencia, mely egy molekula-lánczolat között fennáll és kiegyenlítésre törekszik. Az elektromosság, fény, hő, kémiai energia egymásba átvihetők és hasonló tünetenyeket eredményeznek is. Így a napsugár nemcsak a zöldlevelű növényekben alkot a széndioxidból cukrot, hanem ugyanaz az erő, mint D u c l e a u x kimutatta, a cukrot alkálikus oldatban szétbontja, miközben szesz és széndioxid keletkezik, tehát a fényhatás, elektromosság, kontakt hatás szervező és szétbontó tevékenységében nincs különbség. Az élet nem más, mint mozgás, így minden mozgást elősegítő vagy akadályozó tevékenység is hatással van rá. Az élő sejteken belül harmonizált erők működnek, a mennyiben a sejt a legkülönbözőbb anyagokat és erőforrásokat arra használja fel, hogy egy cél felé törekvő, automatikus munkát végezzenek, s azon egyensúlyi állapotok, melyek a fokozatos építő és ezzel járó szétbontó műveletekben előállnak, helyes mederben tartassanak.

Mindenesetre van bizonyos rokonság az élet és az elektromos tünetenyek között: de egyedül ennek tulajdonítani mindent csakis W a l t h e r teoriája alapján lehet.

Az élet jelenségeinek megmagyarázásában ép oly homályos, mint fontos szerepök van az úgynevezett enzimeknek és a velök rokonhatású organikus és anorganikus kolloidoknak. Sokan az előbbieknek tulajdonítják a sejtekben lefolyó hidralizáló, oxidáló, redukáló, bontó és szervező műveleteket; esetleg az utóbbiak is hasonló munkát végeznek, bár ezeket csak mesterséges úton, de sejtekből mint hatásos kolloidot előállítani még nem lehetett.

A testeket a szerint, a mint az állati hártján áthatolnak vagy sem, két csoportba osztjuk. A kristályos testekhez tartoznak az összes savak, sók, lúgok, tehát az elektrolitek, a legtöbb oldható tápláló anyagok és oldataik, melyek mind az állati, mind a növényi hártján áthatolnak. A második csoportba az úgynevezett kolloidanyagok tartoznak, melyek nem diffundálnak; ilyenek a fehérjék, számos más vegyületek, mint kovasav, vas, alumínium, chróm, titán, czirkon és thórium hidroxidjai, különböző chloridok, szulfidok és a fémeknek úgynevezett kolloidális állapota. Nagy átlagban az előbbi vegyületi sor idézi elő a rendes anyagcserét, ki- és behatolván sűrűségük arányában a sejtekbe; ily módon nemcsak tápláló anyagokat adnak a sejteknek, hanem bennök ozmotikus nyomásokat létesítve, a folyadékok áramlását idézik elő,

az utóbbiak pedig, Bütschli szerint, a később tárgyalandó kémiai, úgynevezett katalitikus hatáson kívül a protoplazma szerkezetét is alkotják.

Ugyanis mind az anorganikus, mind az organikus kolloidok kétféle módosulatban fordulnak elő a természetben; az egyik az úgynevezett *sol*, a másik a *gel* állapota. Sol a kolloidális testeknek oldathoz hasonló állapota, miért is magyarul helyes volna »oldatos«-nak mondani. E testek t. i. a folyadékokban nem mint oldatok, hanem mint finoman, majdnem molekuláris nagyságban eloszlott testek fordulnak elő. Tehát nem homogén oldatok, hanem az oldószerrel alkotott óriási felületű kettős rendszerű képletek, melyek azonban állapotukat önként minden látszólagos ok nélkül is, de rendszeren az elektrolitek hozzáadására megváltoztatják, és ekkor vagy visszaalakíthatólag a gel, vagyis a kocsonyás állapotba mennek át, vagy teljesen elveszítik oldatos képző tulajdonságukat; ezt megalvadásnak nevezik. Ez oldatosok fiziológiai szempontból már azért is fontosak, mert nemcsak állapotukra és fizikai viselkedésükre térnek el a rendes oldatoktól is, hanem, mint látni fogjuk, az elektromossághoz, vagy az élő sejt működéséhez hasonló átalakításokat is létesítenek.

Fizikai és fiziológiai viselkedésükre nézve fontos, a mi egyszerűsmind oldatszerű állapotuk és nem a rendes oldat mellett bizonyít, az, hogy nem okoznak ozmotikus nyomást, nincs sem forráspont-, sem fagyáspont-csökkentő tulajdonságuk; az elektromosságot alig, vagy egyáltalában nem vezetik, de az elektromos áram hatására, mint Linder és Pikton kimutatta, a közeg jelleme szerint vándorolnak. Így például a bázikus ferrihidrát a kathódhoz, a közönyös vagy savanyú kolloidok pedig rendszeren az anódhoz vándorolnak. Más esetek is vannak, mert az alkálikus közegben levő kovasav az anódhoz húzódik. Ily módon a mesterségesen előállított kolloidok ép úgy viselkednek, mint a természetesek, melyeknek egyik fő képviselőjük a fehérjék, melyek szintén az elektrolites közeg szerint vándorolnak. Hardy szerint a fehérje savanyú vízben elektropozitív, tehát, ha elektrolizálják, a kathódhoz megy, alkálikus közegben pedig elektronegatív, tehát az anódhoz vándorol.

Fiziológiai szempontból a kolloidoknak mindenesetre egyik legfontosabb tulajdonságuk, hogy állapotukat változtatják; az oldatosból egyes anyagok hozzáadására a kocsonyásba, azaz gel állapotba jutnak, vagy teljesen meg is alvadhatnak; az előbbi esetben újra sol készíthető a gelekből. De Boeck és W. Springer vizsgálataiból tudjuk, hogy ha a rézsók neutrális, vagy ammoniakos oldatából a rezet mint szulfidot kicsapjuk, kénhidrogénes vízzel való mosással hydrosollá, vizes oldatossá alakul át, a mely elektrolitekkel gel-t alkot. Ugyanígy peptonizálja Eug. Prost a kénhidrogénnel az ezzel kicsapott cadmium-szulfidot. Közös vonásuk mind a szervezetek előállította, mind a mesterséges vegyületeknek, hogy fizikai

állapotukat változtatják. Egyes hatásra hártván áthatolhatatlanná válnak, másra, sőt sokszor ugyanazon anyag hatására diffundáló tulajdonságot öltenek. Tehát minden anyag ölthet olyan alakot is, melylyel a sejtekbe való behatolása lehetségessé válik, a hol egyszerű sók, más anyagok, vagy erőkülönbségek folytán elveszitheti áthatoló erejét, midőn is kocsonyaszerű alakot ölt. Nevezetes ez, mert a legtöbb kolloid nem ereszti át a többi kolloidot, sőt a felületén megsűrűsíti őket. Iparilag felhasználják e tüneményt opalizáló, tehát kolloidális anyagokat tartalmazó nedvek tisztítására, mert, ha egy kolloidot kicsapunk, felületi hatásával a többit is magával rántja. Ezen alapszik számos szövet-, bőrfestés is, a szénnek tisztító hatása stb. Bütschli a felhozottak alapján állítja,* hogy az állati és növényi sejteket alkotó protoplazma ily kolloidális anyagból áll. Fölteszi, hogy az oldatos, midőn kocsonyaszerű alakot ölt, finom sejtszerkezetet kap; így például a zselatina, ha megolvadt, számtalan finom enyvlapból álló kamara-szerkezetre bomlik, mely a folyékony, híg, enyves oldatokat magába zárja. Ezt egyes kísérletekkel bebizonyítani törekszik. Bütschli szerint a megolvadt kolloidokban keletkező számtalan kis rekeszben folynak le azok az ellentétes folyamatok, melyek a protoplazma életét jellemzik. W. Pauli tagadja,** hogy a sók e módon olvadnak meg; tagadja, hogy a kolloidok a protoplazmát effajta rekeszekre tagolják, és hogy egyáltalában a különemű átalakulások ily rendszert kívánnak. Az élettani jelenségek magyarázásában csatlakozik Ostwald teoriájához, ki az összes enzimeket és rokon hatású anorganikus fermenteket, tehát a kolloidális anyagokat, egyszerű katalizátoroknak, azaz reakciógyorsító testeknek minősíti, mik az oly tünemények lefolyását siettetik, melyek végtelen lassú idő alatt, vagy azon jóval belül önként befejeződnek.

Azzal, hogy az atómkok, vagy elektronok az elektromossággal mindenesetre rokon, azzá feltétlenül átalakítható erővel tartatnak egy bizonyos egyensúlyi állapotban egy molekulává össze, melyen belül azonban az atómkok szabadon mozoghatnak, minden molekula magában viseli a távolodás és felbomlás határozott alapjelenségeit. Nem akarom a még ismeretlen rádiumsugarakat és a tőlök más testekre való sugárzás révén a Röntgen-sugarakhoz hasonló, úgynevezett radioaktivitást fejtegetni, vagy az elzárt rádium okozta egyes fiziológiai tüneményeket magyarázni, de lehetséges, hogy mind e hatásokat az elzárt rádiumból leváló felszabaduló atómkok, illetőleg molekulák idézik elő. Ez esetben a legerősebb in statu nascenti-hatás állhat elő. Sem ellene, sem mellette nem bizonyít az a tény sem, hogy a rádium látszólag súlyvesztés nélkül

* O. Bütschli, Untersuchung über Structuren.

** Naturwissenschaftliche Rundschau. 1902. 25., 26., 27. sz.

hat a környezetére. Végtelen kicsi egy atom, vagy molekula, azért egy, vagy akár pár millió atom elszakadása is a megfigyelésünkön kívül esik, különösen a mérhetőség szempontjából, erős kémiai hatásait pedig észlelhetjük. A természettudomány eddig arra tanít, hogy minden tulajdonság nem föltétlenül, hanem csak viszonylagosan különbözik a másiktól; oldhatóság, párologhatóság, disszociáció, diffundáló képesség, kémiai rokonság csak arányosságaiban, tehát csak fokozataiban tér el a másiktól, mint a kör területén levő egyes pont a másiktól, de a központtól egyenlő távolságnyra van mindegyik. Természetrázi tétel, hogy végtelenből tekintve, minden testnek egymásba átfolyó tulajdonsága van. Ha a rádiumból az atomok, molekulák, vagy elektronok, mint ilyenek hatásra természetesen elszakadhatnak, úgy e tulajdonsággal a többi testek is, kisebb-nagyobb mértékben, fel vannak ruházva és tudjuk, hogy az urán és thorium önmagától is, bár kisebb mértékben, hasonló jelenségeket létesít.

Folytonos egyesülés és bomlás egyensúlyából áll a molekula, ezzel az a test is, a melyet alkot, miért is minden oly hatás, mely az egymástól távolodni, vagy az egymással egyesülni akaró atomok egyensúlyi állapotát megzavarja, kémiai hatást, tehát bomlást, vagy egyesülést létesít. Ezt látjuk mind az élő sejt munkájában, mind az elektromosságban és a most emlegetett katalizátoroknál is. A kolloidális platina-oldattal megegyező viselkedésű, finoman elosztott platina vagy platina-tapló ép úgy egyesíti a hidrogént és oxigént a durranó gázban vízzé, mint a hogyan e két alkotórészt a hidrogénhiperoxidban egymástól el akarja távolítani.

A fiziológiai folyamatok megmagyarázását a fentiek alapján megkönnyíti, mert nagyjában be van bizonyítva, hogy a katalitikus* átalakulások a bomlással ellenkező irányt is vehetnek, azaz bizonyos egyensúlyi állapotig bomlást, aztán reverziót, a szétbomlott anyagnak az eredetivé való egyesítését létesítik. J. W a l t h e r teoriája alapján fölvehetjük, és talán bizonyos fokig igaz is, hogy az összes katalizátorok nem töltenek be más szerepet mind az anorganikus, mind az organikus világban, mint az atomokat összekötő elektromos áramot ki- és bekapcsoló, egyáltalában áramszabályozó testek.

A katalizátorok, úgy az organikusok, mint a mesterségesen készült fémoldatosok tehát kolloidális oldatok, végtelen nagy felületre elosztott testek, melyek a vízben csak suspendálva és nem oldva vannak. Számítások alapján egy-egy suspendált részecske a molekuláris dimenzió nagyságát legfeljebb 1000—10,000-szer haladja felül, s így a folyadékban mindenütt a disszociálásban levő atomok és atomcsoportok közé jut-

* Lásd a Kémiai Folyóirat 1903. III. füzetét.

hat és ismételt egyesüléseket meggátolhatja, míg az atómok, vagy atómcsoportok egymás között nem egyesülnek. Mondjuk, hogy igaz Walther elektromos anyagtheoriája, úgy legalább annyiféle elektromos rezgés van, a hányféle atómot és atómcsoportot ismerünk. Ezért x vagy y rezgéssel szőtt csoportok ellen egy más rezgési mód ellenállólag hat, tehát ezzel az anyagok alaptulajdonságát alkotó szétszakadó törekvést segíti elő; viszont egyesíti őket, azaz reverzió fog előállni akkor, ha a szigetelőleg működő testek elválasztotta atómcsoportok legyőzik az ellenállást. Ezzel a Walther teoriája és a katalizátorok egyesítő és szétbontó tevékenysége, s némileg a rendes asszimiláció és disszimiláció is összhangzásba hozható.

Napról napra több katalizist végző testet ismerünk meg, napról napra több olynemű kémiai folyamatra bukkanunk, melynek okát mind az élő sejteken belül, mind a környezetükben, vagy csak az anorganikus világot tekintve is, kizárólag az ő közreműködésöknek tulajdonítjuk.

A. katalizist végző testeket két főcsoportba oszthatjuk: az organikus és anorganikus csoportba. Az előbbibe sorozzuk a már ismert enzymeket, azaz az élő sejtek alkotta reakció-gyorsító testeket; ilyenek a maltoze, glukaze, fehérje és nukleinsbontó, aldehydaze, oxydaze, amido-savakat ammoniákká átalakító, zsirbontó, olvasztó, véroldó, szeszes, tejsavas, eczetsavas stb. erjedést okozó fermentek; sőt újabban redukciót végző enzimet is ismerünk.

Hoffmeister, Pauli, Ostwald és sok más tudós a sejtek életét kizárólag ez anyagok összhangzatos működésében keresik. Tagadják, hogy egy különös életerő lenne, mely az anorganikus testet az élettől megkülönböztetné és szerintök az élet a nagyrészt már itt tárgyalt erőknél és anyagoknak egyszerű összehatása. A protoplazma életét nem valamely a sejten kívül álló tényezőtől kapja, vagy őseredetileg kapta, hanem a sejt élete egyszerű kémiai folyamat, mely az akkép összetett anyagokból szükségképen következik. Tehát e tudósok azon hipotézis felé hajolnak, hogy a sejtben történő, az élő protoplazma fejlesztette különböző kémiai átalakulásoknak megvan a magok megfelelő enzimeje és ezek együttműködése okozza a válaszfallal nem bíró protoplazmában az egész anyagcserét és az élet többi jelenségeit. E theoria szerint a protoplazmában a Bütschli-től fölvetett és gel-ből képződő válaszfalakra teljességgel nincs semmi szükség, mert a különböző enzyme-k és az ő hatásukat gátoló antifermენტek szabályozzák, hogy meddig és mily irányban, fel- vagy visszamenőleg terjedjen valamely reakció. Az egymás mellett lefolyó hasonnemű vagy ellentétes alakulások csak annyiban függenek össze, a mennyiben az egyik a másiknak a továbbdolgozásra anyagot szolgáltat. Mindegyik enzim az ő állapotának megfelelő arányosságban bont, vagy egyesít, és a keletkező bomlásbeli termékeket ugyanazon

a helyen, közvetlen szomszédságban viszi tovább egy más enzim, bontólag vagy erősebben visszaalakítólag. E tudósok szerint a reverzió nem abban áll, hogy a túlságosan gyors felbomlásnak ezzel talán gátat emelne az enzim, hanem ez a reakció gyorsító tulajdonságának kifo-lyása lenne és így minden enzimnek szükségképen van is ily tulajdon-sága. Alapot ad erre, hogy van't Hoff bizonyítja, hogy valamint az élesztő maltaze mandulasav nitroglukozidra és glukozéra bontja az amygdalint, úgy e bomlástermékekből ugyanez enzimmal amygdalint is lehet előállítani. Ugyane tudós nem tartja kizártnak, hogy a zymazének, azaz a szesz erjedést előidéző enzimnek ne lehessen valami szerepe a széndioxid asszimilációjában. Stoklasa és Jellenik ugyanis kimutatta, hogy a zymaze a legtöbb sejtben található; szerintök ez enzim az intramolekuláris lélekzés egyik főrugója, illetőleg ennek első stádiuma, mi által a sejtben levő cukorból szesz és széndioxid kelet-kezik. A szesz elegendő levegő jelenlétében széndioxiddá ég el, különben levegő hiányában mint az intramolekuláris lélekzés egyik főterméke kimutatható. Minthogy mindenütt, még a zöld levelekben is van zymaze, nem lehetetlen, hogy széndioxidból és alkoholból történik a cukor szintézise: a zymaze volna a kontakt anyag és a chlorofill közvetítené a napsugarak energiáját. E theoria hihető voltát emeli Cremer kísér-lete,* ki a zymaze hatására nyolcz kísérlet közül négyben glukogén keletkezését konstatálta. Megemlítendőnek tartom, hogy ő ezt nem enzy-matikus hatásnak tekinti, hanem azt szándékozik bizonyítani, hogy a zymaze valamikép él, tehát az élő fehérje-theoriához hasonlót vall. A lypazeról** az újabb vizsgálatok alapján tudjuk, hogy mind a két irányban bir dolgozni, sőt H. Wiener úgy találta, hogy külön-böző állatokból készült túlélő pép karbamidot bir készíteni és el is bontani.

R. Neumeister és tanítványai*** az enzimeknek jóval kisebb jelentőséget tulajdonítanak. Tagadják, hogy a sejtek életereje az enzimek-ben volna; az élet az anyagon és az anyag tulajdonságain, erőn stb.-in kívül eső fogalom. Absurdumnak tartják, hogy a sejtek azért, hogy éljenek, mozogjanak, építsenek, bontsanak, előbb enzimeket legyenek kénytelenek organizálni, mert ennyi munkával a protoplazma a szer-vezést, elbontást enzim nélkül is elvégezheti. Neumeister főleg az enzimeknek építő tevékenységében kételkedik, az eddig felhozott bizo-nyítékokat nem tartja döntőnek és főleg Wiener kísérlete, illetőleg

* Ber. d. d. Chem. Ges. 1899. évf. 32. 2062

** Vessd össze Természettudományi Közöny LXX. Pótfüzet. A glukaze és lypaze jelentőségéről.

*** R. Neumeister. Betrachtungen über das Wesen der Lebenserscheinungen.

Ostwald-Hofmeister enzim-hipotézise ellen küzd, mikor azt mondja, hogy a legegyszerűbb szintézisek az élő protoplazmához vannak kötve, így csak az élő vese sértetlen sejtjei képesek benzoe-savból és glukokolból hippursavat vagy máj-ammonium carbonátból ureumot készíteni. Azt mondja: igaz, hogy a testet túlélő szervek nem veszítik el rögtön szintetikus tulajdonságukat, de tagadja, hogy a belőlük készített pép építeni tudna, mert a szintézis az élő sejthez van kötve és nem az ő kémiai alkotásaihoz, tehát nem az enzimekhez.

Ezek szerint az enzimeknek az élet benső jelenségeihez alig van köztük; ők csak kenyérkereső és védő szerszámai az élő sejtnak. Élettani jelenségek abban állana, hogy az élő protoplazmától távol eső anyagokat átdolgozzák, tehát táplálékszerzést követelnek tőlük. Az enzimekben nem annyira a sejtek mozgatóját, vagy jobban mondva lelkét kell keresni, hanem csak oly műszereket, melyek a protoplazmát az adott viszonyokhoz alkalmazkodóvá teszik és megvédik egyes káros hatások ellen.

Így keletkeznének pathologikus hatásokra különböző enzimszerű anyagok a vérben, az antitoxinok, alexinek, haemolizinek, precipitinek, melyek a vérbe kerülő toxinokat hatástalanná teszik, az idegen vértestecskéket feloldják és az idegen fehérjéket lecsapják.

Nagy különbség van a két felfogásban, mert Ostwald és a többi fizikai kémikus és életismerő az életet egyszerű kémiai-mechanikai folyamatnak minősítik, melynek főrugói a katalizist végző testek; az előbbi tudósok ellenben ezeken kívül álló ismeretlen hatásoktól teszik az életet függővé.

Nem zárhatjuk be az élethez hasonló jelenségek tárgyalását, a nélkül, hogy az anorganikus fermentekről és más kontakt hatásokról bővebben meg ne emlékezzünk. Mint látni fogjuk, számos test, akár kolloid, akár nem, az enzimekhez, az elektromossághoz hasonló sima átalakításokat tud létesíteni; mesterségesen tudunk indifferens testeket ily hatásra alkalmas állapotba juttatni; így valószínűleg az élő sejt is végez ehhez hasonló munkákat; az meg tagadhatatlan, hogy a vázolandóhoz hasonló folyamatok az élő protoplazmában, de főleg a környezetében nélkülözhetetlen szerepet játszanak.

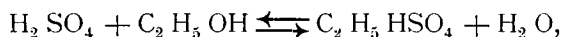
Az itt megvitatásra kerülő testeket két csoportba oszthatni: először is a szorosan vett kondenzátorokra, másodsor a már említett anorganikus kolloidokra.

A kondenzátorok oly anyagok, melyek kémiai átalakulásokat, főleg szintéziséket akként létesítenek, hogy átmenetileg valamely atómcsoporttal egyesülnek és ez atómcsoportot arra képesítik, hogy más indifferens csoporttal akként egyesüljön, hogy az egyesítést végző anyag e közben a vegyületből kilép. Régente az enzimikus hatásokat is ide sorolták; ma mind ezeket, mind a szorosan vett anorganikus enzimeket

kiveszszük e csoportból, mert csak egyszerű reakciógyorsító testeknek tekintjük őket, akár átmenetileg egyesülnek vagy sem az átalakulandó testtel.

A kondenzátorok nélkülözhetetlenek. Hatásukra a legegyszerűbb példa az éter készítése,* melyhez hasonló a borok érése, a gyümölcsaroma stb. képződése.

Megemlítem, hogy e kémiai folyamatnak különösen első fázisa sohasem tökéletes kémiai átalakulás, mert csak addig terjed, míg a két egymásra ható test és két terméke között a helyzetnek megfelelő egyensúlyi állapot nem áll elő, úgy, hogy, ha a körülményeket nem változtatjuk, mind a négy komponens megtalálható egymás mellett, ellenben a körülmények változásával az átalakulás iránya is változik. Képletben kifejezhető ez ily módon:

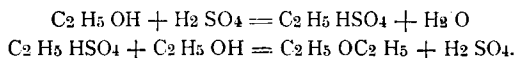


azaz a hőmérséklettől, vízmennyiségtől, tehát más és más körülményektől függ, hogy jobbról balra vagy balról jobbra történjek az átalakulás. Az átalakulás mindig az endotherm folyamat irányába terelődik, miért is az erre ható körülmények mindig érvényre jutnak.

Az itt felhozottak érvényesek az enzimhatásokra is, mert az is ekként kapja szervező és elbontó irányát.

Az éterképződéshez hasonló okon alapszik a kénsavgyártásban a salétromossav hatása, mely a kéndioxid oxidációját közvetíti. Ilyenmű kontakt hatású testek mind élettani, mind ipari jelentőségét növeli, hogy nemcsak erős, vagy gyengébb savak, hanem mint *Walther* széndioxid-szinthézisénel láttuk, a terpentín, vagy másutt más anyagok, minők a fémek és egyszerű sók, főleg chloridok, mint aluminium, vas, cink, platina stb. chlorid, képesek e módon szinthéziseket létrehozni. Iparilag *Zincke* és *Friedel*, továbbá *Kraft* kísérletei óta az organikus preparátumok készítésénél nagyban fel is használják e vegyületeket és a legkülönbözőbb szinthéziseket végezik velök. Készítenek segélyükkel szénhidrogéneket, továbbá aromás vegyületeket, ketonokat stb. Az ilyfajta átalakulások hasonlóak a fent jelzett éterképződéshez, és, mint *Gustawson* kimutatta, az ily kondenzációs folyamatban a kondenzációt végző test is mindig egyesül valamely komponenssel. Például, ha benzolt és aethylchloridot, vaschlorid, vagy aluminiumchlorid segélyével aethylbenzollá egyesítünk, ez ilyenfajta regenerációs hatás alatt történik.*

* A következő egyenlet alapján:



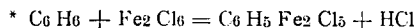
Efajta vegyületek a természetben is, az élő sejteken belül, vagy a talajban a lehető leggyakoribbak. Nevezetesen az állatok és növények fejlődésében, anyagcseréjében, különböző erjedő folyamatokban az egyes sók vagy vegyületek szükségességét csakis ilyen kontakt hatásokra vezethetjük vissza.

Ma is a legnehezebb és a legkevésbé megoldott kérdés, hogy az élő melyik elemet nélkülözheti, melyiket nem.

Az eddig végzett bűvárkódások már csak azért sem vezettek határozott eredményre, mert még senkinek sem sikerült abszolút tisztaságban semmiféle elemet vagy vegyületet előállítani; így a kontakt hatások teljességgel nincsenek kizárva, melyek erősségéről az anorganikus kolloidoknál fogunk szólni.

A legáltalánosabb nézet az, hogy 12—16 elem nélkülözhetetlen az életre, de ezt csak nagyon relativnak kell vennünk, nem is számítva, hogy e szempontból senkisémet vette még vizsgálat alá a levegőnek közel egy százalékát tevő argont és más elemeit; továbbá az eddig végzett vizsgálatok sem lehetnek abszolút irányadók, mert a kontakt hatás, melyet a legminimálisabb idegen vegyület létesíthet s ily módon életet tarthat fenn, sohasem volt teljesen kizárva. E szempontból megjegyzést érdemel, hogy egyes gombákkal végzett tenyésztő kísérletekben** egyes elemet más, rokonelem is helyettesíthet; így a káliumot a rubidium, a magnéziumot a mész; és az ilyen kísérletekben nagyon is valószínű a fertőzés, ezzel pedig a kontakt hatás szerepéhez juthat***. Ma élettani szempontból nélkülözhetetlen elemeknek csak azokat tekintjük, melyekből nagyjában a test váza és a protoplazma épül. Így például emberben a mész, a foszfor, az oxigén, a miből a csont áll, a szén, a hidrogén, a nitrogén, a kén, a miből a szerves vegyületek tömkelege szövődik össze, a nélkülözhetetlen.

Megfigyelésünktől azonban teljesen elvonódnak azok a testek, melyek, jóllehet minimális mennyiségben találhatóak a szervezetekben, az



** L a f a r, *Technische Mykologie. II. rész.

*** E kérdést T h. B o k o r n y a P f l ü g e r, Archiv d. ges. Phys. 1903. júliusi számában élesztővel végzett tenyésztő kísérlete alapján felülbírálja és arra az eredményre jut, hogy egyik elem már különböző molekula-súlya miatt sem helyettesítheti a másikat. Különmű elemmel különféle fehérje-vegyületek keletkeznek, a protoplazma pedig finom szerkezetével csak egyes idegen fehérje-molekulát tűrhet meg. Hogy az élesztőt kálitól mentes rubidium tartalmú tápláló talajon sikerült életben tartani, hanem szaporítani is, ennek oka abban keresendő, hogy az elvetésre kerülő anyaélesztőben több nemzedékre elegendő tartalék káli volt. A káli-tartalom ismételt tenyésztés után kimerül s ezzel az élesztő szaporodása is megszűnik.

életre mégis nélkülözhetetlenek, mert vagy maguk kontakt hatásokat létesítenek, vagy e hatások keletkezéséhez, vagy megakadályozásához hozzájárulnak. Az organikus enzymben tanulmányozásakor kitűnt, hogy egyes erjedéssel járó folyamatok létrejövetelére, vagy megakadályozására egyes anorganikus vegyületeknek minimális mennyiségben való jelenlététől függ. Így mindazon oxidációs jelenségek, melyeknek munkáját az oxidáz enzyntől teszszük függővé, mindig mangán társaságában folyik le. Az alvasztást végző fermentumok például mészsókat kívánnak. Az anyagcsere erősségét fokozó thyroïdin hatása a jódhoz van kötve stb.

Hogy egyes elemek jelenléte mennyire hatással van a katalizisra, a legjobb példát azok a kísérletek szolgáltatják, melyeket Bredig végzett.* Bredig ismert mennyiségű fémkolloidokkal dolgozott és e testek katalitikus hatásának mértékéül a hidrogénhiperoxid elbontó képességét vette. A hidrogénhiperoxid katalizisát már Schönbein az erjedés egyik űs hasonmásának mondja és e reakciót azóta is helyesen és meg nem is a legtöbb enzimikus hatás jellemzésére fordítják. Bredig és társai kísérletei óta pedig a hidrogénhiperoxid bomlásának sebességét összehasonlító vizsgálatokra is felhasználják.

Zsigmondy, Kühn, Berzelius, Graham stb. ugyanis erős redukáló szerekekkel különböző hidroxidok, szulfidok kolloidális oldatosát állítják elő, melynek viselkedése az organikus fermentumokéval teljesen megegyezik.

Igy a Graham előállította** kavasav-oldatos az enyv-oldattal olyan gél ad, mely enyvet és kavasavat tartalmaz, nemkülönben gél-lé alakul át kazeinnal, és csersavval ép úgy kicsapódik, mint átlagban a többi enzyemek és egyéb kolloidális anyagok.

Zsigmondy gyengén alkálikus arany-oldatból formaldehiddal való redukálással a fentihez hasonló viselkedésű arany-oldatot készít; hasonló eljárással még a platinából, palladiumból, rhodiumból és számos más fémből is ily módosult tulajdonságú testeket állítanak elő Wright kísérletei alapján. Bredig 30—40 volt feszültségű és 6—10 ampère áramerősségű elektromossággal víz alatt különböző fémekből, mint platina, arany, ezüst, réz, iridium, sőt kadmiumból stb.-ből való katódokat szétporlasztott és ekkor a nevezett fémeknek a kolloidális oldatosokkal megegyező módosulatait kapta. Ez eljárás annyiban is figyelemre méltó, mert megmutatja, hogy oly fizikai erővel, mely akár az élő sejtekben is működhetik, sőt talán működik is, chemiai hatásait tekintve, teljesen indifferens fém is olyan hatásra termett állapotba vihető át, mely az élő sejthez, vagy a sejt kiválasztotta enzyimhez teljesen hasonló jelenségeket eredményezhet.

* G. Bredig: Anorganische Fermente.

** Lottermozer: Über anorganische Colloide.

Fontos e kísérlet azért is, mert a kathódok súlyvesztéséből, quantitativ elemzéssel összekötve, meghatározhatjuk a folyadéokban levő fémek mennyiségét és így fogalmunk lehet a katalízis nagyságáról, vagyis így őket egymással hatásukban összehasonlíthatjuk.

Az összevetés meglepő, mert feltárja, hogy valamely fémoldatosnak, vagy más katalízisre termett testnek aránylag mily végtelen csekély mennyisége hat még láthatólag elbontólag a hidrogénhiperoxidra.

Igy Müller von Berneck szerint 1 g atóm platina 70 millió liter vízben több mint egy milliószor annyi H_2 O_3 -re határozottan katalitikusan hat; 1 g atóm arany 1 millió liter vízben, 1 g molekula MnO_2 10 millió, 1 g molekula $Co_2 O_3$, 2 millió liter, 1 g molekula $Pb O_2$ 100,000 liter vízben oldva stb. stb. erős katalízist fejt ki, ha a víz alkálikus hatású.

Kitüntettük itt a közeg kémhatását és valóban ennek ép olyan a hatása e testekre, mint az organikus fermentumokra. A vashidroxid 1 g molekulája 100 ezer liter alkálikus oldatban alig katalizál, ellenben savanyú oldatban nagyon erősen dolgozik, sőt savanyú oldatokban a vas a leg-erősebb katalizátor; utána sorrend szerint következnek a kóbalt, réz, mangán, nikkell, ólom oxidjai és hidroxidjai. Meg kell említenem, hogy számos só is, szulfát, nitrát stb., hasonló reakciókat létesít. Mindazonáltal e fémoldatosok, sőt sokban a fémkolloidok is teljesen megérdemlik az anorganikus fermentum nevet, melyet Bredig adott nekik, mert viselkedésök egyebekben is teljesen hasonló a sejtektől létrehozott enzyemekéhez; így ezek a katalízist végzők már említett harmadik csoportját alkotják.

E fémoldatosok szintén rosszul, vagy éppen nem diffundálnak, ozmotikus és gáznymást nem létesítenek, nincs fagyáspontcsökkentő tulajdonságuk, az elektromos áramot nem, vagy alig vezetik. Abban is hasonlítanak az igazi enzyemekhez, hogy kontakt módon és nem kondenzáláshoz hasonlóan létesítenek szinthéziseket és felbontásokat. Viselkedésök a chemiai szerek iránt is azonos, vagy legalább is hasonló, ezért oldatost képző szereikből az organikus fermentumokhoz, vagy anorganikus kolloidokhoz, melyekhez amúgy is tartoznak, azonos módon távolíthatók el.

Nagy átlagban elmondhatjuk, hogy a legtöbb oly hatás, mely az organikus fermentumok hatását akadályozza, vagy fokozza, itt is érvényre jut; nemkülönben az ő munkájukat is jellemzi az a bizonyos fokú arányosság, mely a fermentum mennyisége, az idő, a hő, idegen anyagok jelenléte és a reakció termékei között fennáll.

Még inkább feltűnik a hasonlatosság, ha e kolloidális testek szervező és bontó képességét az élő protoplazma létesítette szervező munkával

hasonlítjuk össze, mert akkor látjuk, hogy a protoplazma, valamint a létrehozott enzim, elektromosságra, vagy durva chemiai beavatkozásra hasonló folyamatokat létesít.

A teremtdésre vonatkozólag higyjük akár az Oswald-Hoffmeister-theoriát, akár a felsőbb beavatkozást valló Neumeister-féle nézetet, annyi bizonyos, hogy az élet mechanikai folyamat, melyhez hasonló egyes tünetényt könnyen létesíthetünk, de összességét, összhangzatos munkáját, mely az egész életet felöleli, a részletek miatt sohasem fogjuk teljesen megérteni, tehát ezt utánozni, szóval teremteni, sohasem fog nekünk sikerülni. Haladhatunk óriásit, de mindig csak annyit fogunk tudni, hogy élő csak élő sejtből keletkezhetik.

Az eddig vázolt erőket irányító testekkel számos oly hatást létesíthetünk, melyhez hasonló folyamatot nélkülök a sejt csak az »életerő« közbenjárásával, ha ugyan van ilyen, képes létrehozni.

Mai tudásunk alapján nem nehéz a kénbaktériumok kénsavkészítését kontakt, tehát a sejtéletéhez hasonló módon utánozni, hisz Cl. Winkler erre egész ipari eljárást dolgozott ki, mely azon alapszik, hogy a finoman elosztott platina a kéndioxidot levegő jelenlétében SO_3 -á oxidálja. Alkoholból eczetet ugyanúgy készíthetünk, akár eczetbaktériumok, akár kolloidális platina, akár az eczetbakteriumokból Buchner eljárása alapján kapott enzim segítségével. Ugyanaz az oxidációs művelet, melyet a lakkaze enzim, a növényi nedveket oxidálás útján sötétté festő, lélekzést, elégetést elősegítő anyag végez, ismételhető platinataplóval, vagy Bredig oldatával, mert mindegyik purpurogalliummá oxidálja a pyrogallolt. A legtöbb élő szervezet a levegő nitrogénjét kis mértékben meg bírja kötni; egyes baktériumfajokban, melyek a csónakvirágú növényekkel együtt élnek, oly mértékben van meg e tulajdonság, hogy mesterségesen elszaporítják őket és oly talajokat oltanak be velök, melyekben e lények eddig nem éltek. Az élőszervezet tehát nitrogént gyűjt és ez az asszimiláció lényegében hasonlít O. Loew kísérletéhez, ki nedves platinataplóval a levegőből a salétromsavas ammonium nyomait állította elő. Ujabban az elektromosságot is felhasználják hasonló és komplikáltabb nitrogénvegyületek előállítására; sőt ez alapon nagyban nitrogéntartalmú trágyaszerek előállítására is kísérleteket tettek. A talaj egyes mikroorganizmusai a salétromsavat nitritté, majd ammoniává redukálják; ugyanez elérhető finoman elosztott fémek segítségével is egyszerű érintkezésre meginduló folyamat alapján. Saussure szerint a rothadó, tehát fermentumtartalmú anyagok ép úgy vízzé egyesítik a durranó gázt, mint a fémplatina és néhány organikus kolloid teszi. A finoman elosztott iridium, rhodium, ruthenium, miként Hoppe-Seyler, Deville és Debray megmutatta, ép úgy bontja el széndioxidra és hidrogénre a mézcarbonátot, mint akárhány baktériumfaj.

Jorrison több oly gombafajt tenyésztett, mely az oxálsavat elbontja. O. Sulc vizsgálataiból tudjuk, hogy a finoman elosztott fémek vagy kolloidális módosulataik a híg oxálsavas oldatok iránt teljesen így viselkednek. Ugyane szerző Raymann társaságában kimutatta, hogy anorganikus kontakt anyagok is létesíthetnek az invertázéhoz hasonló hidroliziseket; a nádcukrot e szerint ép úgy elbonthatja az élő sejt adta invertáze, mint a sósavval való főzés, tehát a durva chemiai eljárás, vagy a szép, finoman elosztott fém, minő a platina, palladium, iridium, osmium stb. Igaz, hogy sokan az utóbbi bomlást oxidációra vezetik vissza.

Még szembetűnőbbé válik az a hasonlatosság, mely az élő szervezetek fejlesztette erjesztők és a mesterségesen készített katalizátorok között fennáll, ha párvonalat vonunk azon észlelet között, hogy legtöbbnyire azonos vegyületek bénítják meg úgy az egyik, mint a másik katalitikus tevékenységét. Még tovább mehetünk, mert az anorganikus kolloidokban is találni fogunk az immunizáláshoz hasonlító tünetmennyeket, nemkülönben e testeket majdnem analog módon védhetjük meg a megalvadástól, kicsapódástól.

Az itt tárgyalt testeknek közös vonásuk, hogy a hidrogénhiperoxidot katalizálják, mert alig van enzim, mely ez alól kivétel volna; számos fehérje, a vértestecskék, a finoman elosztott fémek és a kolloidális émoldatosok is mind ugyanezt teszik. Bredig és társai nyomán tudjuk, hogy e katalizist jóformán mindegyik csoportban egy és ugyanazok az anyagok, a protoplazma és vérmérgek akadályozzák, sőt esetleg teljesen meg is szüntetik.

Schönbein az első e téren, a ki megfigyelte, hogy a kénhidrogén ép úgy elveszi a növényi nedveknek, mint a platinaplónak katalizáló tulajdonságát. Zöllner, Buchner, Ikeda, Müller von Berneck, Bredig összehasonlító vizsgálatokat tettek és kiderült, hogy igen csekély kivétellel, az említett mérgecsoportok nemcsak a hidrogénhiperoxid katalizisét gátolják, hanem egyáltalában a legkülönbözőbb enzimatis hatásokat is hátráltatják.

Bredig még külön mennyilegesen összehasonlította, hogy miként viselkednek egyes mérgek az ő platinaoldatosának katalizáló ereje iránt és úgy tapasztalta, hogy az anyagcserét gátló testek, továbbá a protoplazma és vérmérgek minimális mennyiségei észrevehetően hátráltatják, így például:

0.0000001	g	molekula	kénhidrogén	egy liter vízben oldva
0.00000005	»	»	cyánhidrogén	» » » »
0.0000005	»	»	jódcyán	» » » »
0.00024	»	»	foszforhidrogén	» » » »
0.002	»	»	nátriumthioszulfát	» » » »

csökkenti a hidrogénhiperoxid platinaoldatos okozta bomlásának sebességét.



Érdekes magaviseletet tanusít a cyán már azért is, mert jelenlétével megakadályozza, hogy a zymaze szeszes erjedést létesítsen, az invertaze a nádcukrot hidrolizálja, és hogy úgy ezek, mint a fémkolloidok a hidrogénhiperoxidot katalizálják. A kolloidoknak mindahárom fajtáját egyformán meggyógyíthatjuk, ha szellőztetéssel a cyánhidrogént eltávolítjuk. Van oly mérég, a mely az egyik enzympre erősen hat, a másikra alig, vagy semmit. A szénmonoxid is ilyen, mert a platinaoldatosra erősen hat, Nasse szerint az invertázét összhatásai kifejtésében akadályozza, Buchner szerint pedig a zymázére alig hat. Hasonlóan viselkednek e testek az egyes dezinficiáló szerekkel szemben; így a fluorhidrogén, fluorammonium egyaránt igen kis mértékben csökkenti az enzyemek különleges munkáját, mint a hidrogénhiperoxid elbontását.

Némi rokon vonást is találunk az enzyemek és más kolloidális anyagok védekezésében egyes káros hatásokkal szemben. Az emésztő enzyemek, mint a pepsin, trypsin károsítják például a zymaze erjesztő képességét, de ez egyes fehérjevegyületek hozzáadásával csökkenthető, és, ha nem vesszük figyelembe azt, a mi még bebizonyításra vár, hogy ez enzyemek az utóbbit főlemésztk, feltűnik azon analogia is, hogy fehérjével, zselatinnal hátráltathatjuk az ezüstoldatosnak elektrolitek hatására történő kicsapását, megalvasztását.

Az immunizáláshoz hasonló jelenséget is láthatunk ez oldatosokon. Az arany-, ezüstoldatot, a míg friss, kis mennyiségű ammoniak is megalvasztja, de a régibb készítményre hatástalan. Az új készítményt is ellenállóvá tehetjük az ammoniákkal szemben, ha kevés immunis, azaz régi kolloiddal keverjük.

A kolloidoknak itt tárgyalt tulajdonságai minden vízzel készült oldatosra és gel-re jellemzők. Megemlítenének tartom, mert valószínűleg nagy élettani fontossága van annak, hogy a legkülönbözőbb organosolok, azaz organikus anyagokkal, vizes oldatosokkal egyező anorganikus kolloidok készíthetők. Így ismerünk alkozolt, azaz alkohollal, gliczerozolt, azaz gliczerinnel, éterozolt, azaz éterrel, stb.-vel készített kolloidális termékeket, melyek, mint Graham-nak a kovasav organosoljainal végzett vizsgálatai föltűntették, az előbbieken tárgyalt csoportokkal némileg rokon módon viselkednek.

Lehetséges, hogy a sejtekben az anorganikus anyagok, fémek stb. ionjaikból összhatások útján, mint a vizes oldatosokhoz, mint az utóbbi organosolokhoz hasonló testek keletkeznek; lehetséges, hogy a fehérjeképződés is ily összhatáson alapszik. Tagadhatatlan, hogy az itt tárgyalt mesterségesen készített testek az élethez hasonló jelenségeket létesítenek.

A chemiai reakciók és az élet nyilvánulásai között minőségileg nincs semmi különbség, de annál nagyobb a lélektani.

Az élő sejt a maga elrendezett vegyületeivel a legkülönbözőbb viszonyokhoz, állapotokhoz alkalmazkodni tudó műszerével a kutató előtt mindig rejtvény marad.

Örök vita tárgya marad az élet és az élet oka. Eldönteni, hogy az élet pusztá mechanikai folyamat-e, csak akkor lehetne, ha a sejtben lévő összes vegyületeket a maguk megfelelő izomér módosulataiban, mennyiségeiben, arányaiban összekevernők és a holt materiából élő, tehát pszichikai munkára termett test származnék. Az élet mechanizmusát az óraművel hasonlítják össze. A mechanikai felfogás szerint az enzymek a mozgató géprészek, melyek mint fogas kerekék illesztődnek a megfelelő vegyületbe. Egy izomér változás megzavarhatja és megállíthatja a művet.

A mechanikai munkán kívül az érzés tehetsége jellemzi az életet, mert e nélkül nincs szaporodás, fajfentartás, szabadon cél felé irányított mozgás. Neumeister iskolája az érzésben keresi az élet okát, a melynek indítója csodás, transcedentális valami. A modern fiziológia inkább a tiszta mechanikai irány felé hajol és az érzést, gondolkodást stb. a sejt rendes chemiai folyamatának minősíti, melynek abban a kompozícióban, melyben a sejt van, szükségképp létre kell jönnie.

Különben is, hogy az életre mi adta az első indítékot, a véletlen halmazata-e, vagy azon felülálló valami, tehát tudatosan létrehozott mű-e az élet, vagy sem, nem tartozik a természettudományok keretébe. Foglalkozunk az élet lényegével, hogy szükségleteit megismerjük, így célszerűen irányítsuk. Törekszünk arra is, hogy az élő sejtek adta termékek képződésmódját kitanuljuk, hogy esetleg hasonló módon az élő sejtek kihagyásával, ugyanazon terméket mesterségesen olcsóbban állítsuk elő. Nem tekintve az élet alapokát, tagadhatatlan, hogy az életnek szemünk előtt nyilvánuló tünetényei az elemek elektromos töltésén, disszociáczió, kontakt hatásokon alapszanak. Alapos reményünk van, hogy részleteiben alaposan megismerjük azt a kapcsolatot, mely az élő sejt munkája és az őt irányító anyagok között van. Sikerüljön csak egyes termékek képződésének módját helyesen megállapítani, az ipart, és ezzel az egész emberiség jólétét már is nagy lépéssel vihetjük előre.

A fiziológia és chemia mai állásában remélhető, hogy sikerülni fog azon termékeknek legnagyobb részét, melyeket ma a mezőgazdaság az iparnak szolgáltat, ennek megkerülésével előállítani. Senki sem mosolyoghat azon, ha a tudomány e problémák megoldhatóságában bizik.

Walther kísérletei alapján hihetjük, hogy, ha azt a kontakt anyagot, mely a cukor szinthézisére, vagy egyes fehérjevegyületek előállítására szükséges, megismerjük és sikerrel is alkalmazni tudjuk, nyers tápláló anyagjainknak egy részét mesterségesen állíthatjuk majd elő.

Ám ha ez sikerül, egész mezőgazdaságunk, gyáripárunk, életünk

átalakul. A levegőbe elszálló füst, mely ma egyik átka a városban lakó embernek, közkincsé válik; a folyamokban kihasználhatatlanul heverő energia átalakítható elektromosságra és ez a füst széndioxidját alkalmas módon tápláló anyaggá, vagy éghető szénvegyületté szervezi. Sikerüljön csak, a mire kilátás van, a természet nyújtotta szénhidrátoknál, zsír- és fehérjevegyületeknél olcsóbb mesterségeset állítanunk elő, a mezőgazdaság mai rendszere azonnal megdől. Olcsóbb lesz a takarmányozás, ezzel az állattenyésztés is, nemkülönben a termesztés is a felszabaduló talajok folytán.

De addig is, míg e kérdéssel közvetlenül vagy közvetve foglalkozók czélt érnek, munkájukat bőven fogják jutalmazni az e közben elért sikerek.

DR. HÉRICS-TÓTH JENŐ.

A fül és a testet mozgató izomzat.

Ismeretes, hogy a fül és a testet mozgató izomzat beidegzése között van kapcsolat. Gondoljunk például csak a tánczólásra. Azt is tapasztalhatta mindenki, hogy mikor az ember katonazenét hall, önkéntelenül is taktusra szedi a lábát. Viszont csak bizonyos megerőltetéssel tudunk egyenletesen járni, ha olyan helyre kerülünk, a hol két, különböző taktusban játszó zenekar hangjai hallatszanak.

Flourens 1824-ben azt vette észre, hogy azon állatok feje, a melyeknek félkörös csatornáit átvágta, élesebb hangokra görcsösen mozgott. Flourens véleménye erről az volt, hogy az egész tüneeményt csak a halló erő beteges fokozódása okozza. (»L'audation douloureuse«.)

Esser 1827-ben úgy tapasztalta, hogy a lelógó fülű kutyák fülüket éles, magas hegedűhangra fölemelik.

1876-ban Cyon pupilla-szűkülést látott a hang izgatta oldalon és pupillatágulást a tulsón.

Högyesnek szintén régi megfigyelése, hogy valahányszor az egymás mellett ülő tengerimalczok közelében megütött egy hangvillát, mindannyiszor

valamennyi malacz egyszerre emelte föl a fülét.

Preyer 1881-ben tapasztalta a tengerimalczokon, hogy, ha mellettök a »kri-kri« néven ismert kis zörgő eszközt megszólaltatta, minden hangra, s a hanggal egyidejűleg mozgatták a fülöket.

Högyes a belső fül- és a szemmozgások között levő kapcsolatot kiderítve, következtette, hogy a füllabirinth az összes testmozgással kapcsolatos. E tételét még 1882-ben a következő alakban állította fel: »A két hártás tömkelegben egy kétoldali berendezésű, az összes testizmokat asszociáló vagy összerendező idegkészüléknek centripetális kettős végkészüléke van, mely a labirinthban való fekvésének változásai szerint szabályozza a test különböző helyzetváltozásaiban az önkéntelen testmozgásokat.«

Ugyancsak Högyes 1884-ben Lafenauer-rel hysteroepileptikusokat vizsgált meg ez irányban. A beteg egyik fülét bedugva, a másik fül előtt pedig hangvillát hangoztatva, észrevette, hogy az ugyanazon oldali lábón és a tulsó oldali karon reflexösszehúzóds ke-

letkezett. Ha a fekvő betegnek mindkét füle szabad volt, előtte pedig hangvilla bűgött, mind a négy végtagja összehúzódtott. Ha a beteg állott és a mellette működő inductiós gép kopogását hallgatta, nyakának és karjának izmain merevedés jelenkezett. Ha ilyenkor magas hangú szájharmónikát szólaltattak meg, a nyakizmok merevsége megszűnt, a karizmoké pedig megmaradt. Különböző magasságú hangok tehát különböző izomcsoportokra hatottak. Ha az ülő beteg egyik fülét gypottal bedugták, s a másik füle előtt pedig ritmikus tánczenét szólaltattak meg, az ugyanazon oldali láb és a tulsó oldali kar a zene taktusával egyidejűleg rángatózzott. Ha a zene hirtelen félbeszakadt, a rángatózó tagok a félbenhagyás pillanatában elfoglalt helyzetökben merevedtek meg. Az izmok ilyenkor kemények voltak, mint a kő.

Lichtwitz 1887-ben látta, hogy néhány hiszteriás egyénen erősebb zajra görcsök jelentkeztek.

Magam főleg 1900-ban és 1901-ben foglalkoztam sokat a belső fül, helyesebben a félkörös csatornák és a testizomzat között levő kapcsolat vizsgálásával. E vizsgálatok eredményéről akarok ezúttal beszámolni, kiegészítésül fölemlítve Ewald-nak és Dreyfuss-nak legújabb kísérleteit, hogy az eredményképen felállítandó tételeket teljesen megokolhassam.

Galambokon, melyeknek *baloldali* három félkörös csatornáját eltávolítottam, a következő jelenségeket vehettem észre:

1. A galamb feje a műtétet követő harmadik naptól körülbelül a 14. napig el van csavarodva, még pedig úgy, hogy a fejtető a talajt éri, a jobb szem egyenesen előre, a bal pedig hátrafelé néz.

2. Járás közben a galamb balra forog, mert jobb lábával túlságos nagyokat lép és balra dülöng, mert bal lába időnként becsuklik.

3. Ha a galamb féllábra áll (mikor például a fejére húzott sapkát le akarja kaparni), rendszeren a jobbat használja.

4. Ha kivételesen bal lábára akar állni, e lába megcsuklik.

5. Az operált galambot a levegőben tartva, olyan formán, hogy lábai lelógjanak s mindkét lábára egyenlő súlyt kötve, a jobbal magasabbra tudja a súlyt emelni, mint a ballal.

6. Ujjamra ültetve, a jobb lábával ügyetlenül, de feltűnően erősebben fogja meg ujjamat, mint a ballal.

7. Lábánál fogva felakasztva, balra forog, mert jobb szárnyának csapásai sokkal erősebbek, mint a balé. Farkát e közben jobbra tartja. Ha ilyenkor kimerül, úgy függ alá, hogy bal szárnyát lógatja, a jobbat behúzza tartja. (Az ép galamb ilyenkor mindkét szárnyát behúzza.)

* Ewald-nak galambokon tett, idevágó megfigyelései közül a következőket jegyzem fel:

Ha egyik kezünkkel a bal oldalán operált galamb fejét, a másikkal pedig a két lábát fogjuk és vízszintesen kinyújtjuk, a jobb szárny csucsá csapásai közben eléri a fejet tartó ujjakat, a bal pedig meg sem közelíti. Ha baloldalt operált galambnak csőre alsó káváját hosszában középen kettévágták s a két felet külön-külön begyógyították, a bal fél kisebb súlyt bír el, mint a jobb. Ugyancsak bal oldalt operált galambot megölve és farkánál felakasztva, úgy tapasztalta, hogy mikor a tetem merevsége beállt, az állat feje mintegy 80°-nyira fordult jobbra, a bal szeme magasabbra került mint a jobb, a bal szárnya és a bal lába pedig kissé behajlott.

Olyan nyulakon, melyeknek *bal* tömkelegjét elpusztítottam, a következőket figyelhettem meg:

1. Mihelyt a bal tömkeleg nem működik, a nyúl feje hossz és függőleges

tengelye körül erősen balra fordul. (Ez a tartás és a következőkben leírandók az állat haláláig tartanak.)

2. Mindkét mellső végtagját olyan erősen tartja jobbra, hogy, ha a középállásba helyezem őket, valósággal viszszapattannak a leírt tartásba.

3. A bal fül bénultan lóg alá.

4. Ha az állat nincs lekötve, hevesen balra hengeredik.

5. A törzsön ú. n. oldalgörbedés jelenkezik. A törzs jobb oldalának hosszanti izmai ugyanis összehúzódnak, a baloldaliak pedig elernyednek, minek következtében a gerincz jobbra homorú, balra domború görbe alakot ölt, szóval meggörbed.

Dreyfuss a *bal oldalt* operált tengeri malaczokon látta a fej balra fordulását s az egész testnek balra hengeredését.

Azon galambokon, melyeknek *mindkét* tömkelegjét eltávolítottam, a következő megfigyeléseket tettem:

1. Ha az operált állat feje szabad, folytonosan, rendetlenül mozog a három tengelye körül.

2. Ha a galambot, míg ép, korongon forгатom, a feje mindig bizonyos, meghatározott szabályok szerint mozog, ellenben a kétoldalt operált állatok feje, sapkába burkolva, sehogy sem, sapka nélkül meg egészen szabálytalanul mozog.

3. A valamennyi félkörös csatornájától megfosztott galamb csak sok, czélszerűtlen próbálgatás után tud a földről egy-egy szemet felvenni.

4. Ha lóbálok az állatot, a feje tehetetlenül lóg ide-oda.

5. Járás közben hol jobbra, hol balra dől, mert hol jobb, hol bal lába összecszik. Közben sokszor megfordul hol jobbra, hol balra, még akkor is, ha üzöm, mert hol jobb, hol bal lábával túlságos nagyokat lép. Ez az utóbbi tünemény még évek mulva is abban nyilvánul, hogy

a galamb járásának iránya nem egyenes, hanem zezgúgos.

6. A botot, főleg ha sapkában van a galamb feje, mindkét lábával igen ügyetlenül fogja meg.

7. Ha hátára fektetem, csak nehezen tud a talpára állni.

8. A műtét után, főleg az első időben, testének hol egyik, hol másik tengelye körül jobbra vagy balra, előre vagy hátra, de rendetlen kényszermozgásokat végez.

9. Ha lábánál fogom és felakasztom, mindkét szárnyát lelógatja.

10. Repülni eleinte egyáltalában nem tud, később is csak igen nagy erőlködéssel és ilyenkor is neki-nekirepül valaminek.

11. Nehezen tud menekülni, ha el akarom fogni.

Ewald megfigyelései közül itt azt akarom megemlíteni, hogy az ő kétoldalt operált galambjai, valószínűleg azért, mert nem éltek oly soká, mint az enyémeik, többé nem tudtak repülni.

Ha a nyulaknak *mindkét* tömkelegjét elroncsoltam, tapasztaltam, hogy:

1. az állat feje, a műtét után felszabadítva, a középen áll ugyan (nem fordul tehát sem jobbra, sem balra), azonban az álla oda van támasztva a nyúlpad deszkájához;

2. korongon forгатva az állatot, a feje és füle csak a nehézség törvényeit követi;

3. a két mellső végtagja a test hossz-tengelyével egyközűen a középen áll, de oly lazán, hogy passzív mozgatásnál semmi ellenállást nem érzek; általában

4. az egész test izomzata petyhüdt; az állat nem tud megállni, mert mindanégy lába bebicsaklik;

5. az állat nem tud nyelni.

Dreyfuss a *kétoldalt* operált tengeri malaczokon tapasztalta, hogy a második tömkeleg elroncsolásának pillanatában megérezte az egész izomzat ellazulását.

A lélegző izmok gyengülvén, az állaton légszomj jelentkezett, s minthogy a hangoztató izmok is gyengültek, az állat hangja is halkabb.

Mindezekből immár nemcsak az tűnik ki, hogy a testizomzat kapcsolatban van a tömkeleggel, hanem az is, hogy mily úton-módon.

A mint Hőgyes annak idején fölfedezte, hogy mindegyik szemnek három izma az azon oldali tömkeleggel, a másik három (amazok antagonistái) pedig a túlsó tömkeleggel van kapcsolatban, úgy kísérleteim alapján majdnem az egész test izomműködésének összerendezését ki lehet fejteni.

A két testfél izomzatának működését rendező szerkezetet legjobban a gyeplőhöz tudom hasonlítani, a két tömkeleget pedig a gyeplőt markoló, s ezzel az egész fogatot kormányozó kocsis két markához. Míg a két gyeplőszár egyformán feszés, egyenesen halad a fogat; ha azonban, például a jobb szarát megfeszítem, a balat pedig meglazítom, jobbra fordulnak a lovak. Rendes körülmények között ilyenformán tartja a két tömkeleg is egyensúlyban testünk valamennyi izmát.

Hogy miképen kormányozza a két tömkeleg a szem izmait, arra szándékosan nem térek ki, minthogy Hőgyes már több mint két évtizeddel ezelőtt kimerítően leírta.

Ha mindkét tömkeleg ép és jól működik, akkor azon nyakizmok, a melyek a házinyúl fejét függőleges és hossz-tengelye körül jobbra, és azok, a melyek balra fordítják, egyenlő erővel működnek, s a fej ennélfogva a középállásában marad. Ha azonban a bal tömkeleget kiirtom, vagy ha bizonyos helyzetben az ép nyúlnak is csak a jobb tömkelege működik, a nyúl feje a hossz- és függőleges tengelye körül balra fordul, minthogy csak a balra fordító izmok működnek, a jobboldaliak pedig el vannak

lazulva. Minthogy e szerint a bal tömkeleg kiirtásával a jobbra forgató nyakizmok bénultak, világos, hogy a bal tömkeleg a jobbra fordítókkal, a jobb tömkeleg pedig a balra fordítókkal van kapcsolatban, szóval a kapcsolat keresztezett.

A mi a nyúl mellső végtagjait illeti, a bal tömkeleg a bal mellső végtag külső (abductores), a jobb mellső végtagnak pedig belső (adductores) izmaival van kapcsolatban. Viszont a jobb tömkeleg a jobb lábnak külső (abductores), és a bal lábnak belső (adductores) izmaival kapcsolatos.

Addig ugyanis, a míg mindkét tömkeleg megvan, illetőleg a míg mindkettő egyformán működik, a nyúl mindkét mellső végtagját a közepén, testének hossz-tengelyével egyközűen tartja. Ha azonban, például a bal tömkeleg megszűnik működni, akár azért, mert ki van irtva, akár azért, mert például a forgatás okozta helyzetnél fogva csak a jobb működhetik az ép állapotban is, a két mellső végtag azonnal elhagyja a középállást. Ettől a pillanattól kezdve ugyanis a bal lábnak belső, a jobbnak pedig külső izmai fognak működni, a jobbnak belső, a balnak külső izmai ellenben ellazulnak, s ezért a nyúl mindkét mellső lábát jobbra tartja. Minthogy tehát a bal tömkeleg kiirtásával a bal lábnak külső, a jobb lábnak pedig a belső izmai szűntek meg működni, világos, hogy az elülső lábának külső izmai az ugyanazon oldali, a belsők pedig a túlsó oldali tömkeleggel vannak kapcsolatban.

Feltűnt nekem az is, hogy, ha a nyulat testének haránt-tengelye körül előre forgatom, forgatás közben mindkét mellső végtagját hátrafelé feszíti (extensio), ha pedig hátrafelé forgatom, mindkét mellső lábát behajlítja (flexio). Ha továbbá a nyulat függőleges tengelye körül jobbra forgatom, mindkét mellső végtagjának a talpa jobbra fordul (bal lábán supinatio,

a jobb lábán pronatio), balra forgatáskor pedig épen megfordítva.

A hajlítást és feszítést, vagy a kifelé és befelé való forgatást nem tudtam oly pontosan analizálni, mint a jobbra- és balratartást (abductio és adductio). A kétoldali tömkelegkiirtás után azonban mind e mozgások kimaradtak, s így kétségtelen, hogy valamennyi kapcsolatban áll a két tömkeleggel. Ezeket tekintetbe véve, részben közvetlenül kísérleteim alapján, részben speculativ úton a H ó g y e s-féle szemmozgás szkémája mintájára állíthatom, hogy a mellső végtag külső (távolító), feszítő és befelé forgató izmai az ugyanazon oldali, belső (közelítő), hajlító és kifelé forgató izmai pedig a túlsó oldali labirinttal vannak kapcsolatban.

A míg a törzs két oldalán levő hosszanti izmok egyenlően működnek, addig a gerincoszlop is egyenes; ha azonban a bal tömkeleg működése megszűnik (kiirtás vagy bizonyos helyzetekbe való helyezés következtében), a törzs bal oldalának hosszanti izmai ellazulnak, a túlsók pedig összehúzódnak, s a gerinc meggömbül. Minthogy tehát a bal tömkeleg működésének megszüntével a törzs bal oldalának hosszában elhúzódó izmok szűnnek meg működni, bizonyos, hogy köztük kereszteződés nélkül való a kapcsolat.

Hogy minő kapcsolat van a nyúl hátulsó végtagjai és a két tömkeleg közt, nem sikerült tanulmányoznom, mert nem bírtam a kísérleti állatot a nyúlpadra úgy felkötni, hogy hátulsó végtagjai teljesen szabadon mozoghattak volna. H ó g y e s-nek hystero-epileptikusokon végzett, s már említett kísérleteiből azonban következtetni lehet, hogy mindegyik hátulsó végtag valószínűleg úgy viselkedik, mint a túlsó oldali mellső láb.

A míg a galamb nyaka két oldalának izmai egyenlően működnek, addig a fej

is a középállásban van. Ha mindkét tömkeleget kiirtom, a fej rendetlenül mozog ide-oda s ha lóbálom az állatot, a feje tehetetlenül lóg. Ha csak a bal tömkeleget irtom ki, vagy ha bizonyos, forgatással előidézhető testhelyzetekben csak a jobb tömkeleg működik, akkor a fej elcsavarodik, mert, akár csak a nyúlnál, csak a baloldali nyakizmok húzódnak össze, a jobboldaliak pedig ellazulnak. A kapcsolat tehát itt is, akár csak a nyúlnál, keresztezett.

Ha a galambnak mindkét tömkelegje egyenlően működik, mindkét lábával egyenlő nagyokat is lép. Ha a bal tömkelegje ki van irtva, a jobb lábával túlságosan nagyokat lép, a bal lába pedig minduntalan összecsapkodik. A bal tömkeleg tehát a jobb láb reflex *gátló* berendezésével (keresztezett kapcsolat) és a bal lábának mozgató (feszítő, hajlító stb.) izmaival van kapcsolatban.

Ha a bal tömkeleg ki van irtva, a galambnak a bal szárnya erőtlen, a jobb szárnya pedig túlságosan erős, túlságosan nagy csapásokat végez. A szárnyaknak a tömkeleggel való kapcsolata tehát ugyanolyan, mint a lábaké, vagyis: a bal tömkeleg a jobb szárnyak reflex *gátló* berendezésével, a bal szárnyak pedig a mozgató beidegzésével van kapcsolatban.

Míg mindkét tömkeleg egyenlően működik, a galamb farka a közepén foglal helyet; mihelyt azonban a bal tömkeleget kiirtom, vagy ha bizonyos, forgatással előidézhető testhelyzetben csak a jobb labirint működik, a galamb is jobbra tartja a farkát. Mindegyik tömkeleg ilyenformán az ugyanazon oldali farkmozgató izmokkal van kapcsolatban, vagyis, itt nincs kereszteződés.

Már említettem, hogy a nyulak hátsó végtagjainak mozgását nem bírtam jól analizálni. H ó g y e s-nek hystero-epileptikusokon végzett vizsgálatai bizonyítják, hogy a bal felső (mellső) végtaggal a

a jobb, tehát a túlsó oldali alsó (hátsó) végtag mozog egy értelemben. Azonban a mellett is szólnak okok, hogy az ugyanazon oldali mellső és hátsó végtagok beidegzése egyértelmű. Így például a galamb szárnya épen úgy viselkedik, mint az ugyanazon oldali lába. Féloldalt operált nyúl azért hengeredik a sértett oldal felé (leszámítva a törzs izmainak működését), mert a sértett oldalon mind a mellső, mind a hátulsó láb erőtlennül összecsuclik s mindkét ép oldali túlságosan erősen működik. (Voltaképen e szerint itt is fel kell venni egy reflex gátló berendezés létezését, mely például baloldali operatio után jobboldalt nem működik többé.) Mikor a féloldalt operált nyúlnak érzékenységet indukált áramcsapások iránt vizsgáltam, akkor is az ugyanazon oldali végtagok viselkedtek egyformán. Mindezek miatt a nyúl hátulsó lábai mozgásának összerendezését egyelőre nyílt kérdésnek kell hagynom.

Dreyfus úgy tapasztalta, hogy kétoldalt operált tengeri malaczain mindig jelenkezett a légszomj és a hang gyengülése. Egyelőre csak spekulatív úton tudnám megmondani, hogy a lélekző és a hangoztató izmok az ugyanazon oldali, vagy pedig a túlsó oldali labirinttal vannak-e kapcsolatban. De hogy kapcsolatban vannak, az kétségtelen.

Az elmondottakból talán joggal vonhatom le azt a következtetést, hogy a két tömkeleg a két testfél egész izomzatának reflex beidegzését tartja féken. Ha valamelyik, vagy mindkét tömkeleg megsérül, az egész test mozgásában zavarok állnak be.

Egy régebbi közleményemben* említettem Schiff-nek következő kísérletét: Kutyán és macskán egyik oldalt a mozgató, másikon az érző gerinczagi gyököket átvágván, Schiff tapasztalta, hogy az állat egyik oldali végtagjával túlságosan nagyokat lép s ügyetlenül, a másik oldalit pedig benuultan húzza maga után.

Ha szabad a hasonlatosságból következtetést vonnom, azt mondhatom, hogy az a bizonyos gátló berendezés, melyről a féloldalt operált nyulakról és galambokról szólva említést tettem, azonos az érző idegpályák berendezésével. Vagyis, mikor a baloldalt operált galamb jobb lábával túlságosan nagyokat és ügyetlenül lép, voltaképen jobb lábának érző berendezése romlott el, s midőn a bal lába erőtlennül összecsuclik, az ő mozgató idegberendezése tökéletlen. Ezt bizonyítják azon régebben közzétett kísérleteim is, hogy mindegyik tömkeleg a túlsó testfél érzékenységgel van kapcsolatban az indukált áramcsapásokkal szemben.

Összefoglalva idevonatkozó kísérleteim eredményét, kimondhatom, hogy *ha valamely tömkeleg az ugyanazon oldalon levő valamely izomcsoportnak a mozgató berendezésével áll reflex kapcsolatban: a túlsó testfél az ugyanazon izomcsoportjának érző idegberendezésével kerül kapcsolatba és megfordítva.*

DR. MARIKOVSKY GYÖRGY.

* Pótfüzetek a Természettudományi Közlönyhöz. 1903. évi februáriusi pótfüzet.

A nyugoti és keleti levegőáramlás hazánkban.

Az egyenlítő körül terülő vidéknek, a forró égövnek levegője jóval nagyobb hőfokú, mint a Föld más tájain. Erre alapította Dove, a híres német meteorologus, azt az elméletet, hogy a Föld északi és déli sarka felől a hűvösebb levegő az egyenlítői vidékre áramlik, ott felmelegszik, a magasba emelkedik s visszaáramlik a sarkok felé. A Föld felszínén vonuló áramlat a passzát, a magasban való áramlat az antipasszát. A Föld forgása okozza, hogy a passzát északkelet, az antipasszát délnyugat felől áramlik az északi félgömbön.

A mint Buys-Ballot széltörvényének ismerete a múlt század hatodik évtizedében mindinkább általánosabban elterjedt, Dove elmélete is tarthatatlanná vált s ma már nincs meteorológus, ki, szemet hunyva a tények előtt, hozzá ragaszkodnék. De azért az öregebb szak tudósok, kik kissé távolabb állanak a meteorológiától, most is rendületlenül Dove álláspontjához ragaszkodnak.

A meteorológusok a passzát- és antipasszát-áramlatot másképen fogják fel. Kiindulnak abból a tényből, hogy a szélesség 35–40. foka körül mind az északi, mind a déli féltekén magas légnyomás kerül el; azt állítják, hogy a passzát csak innen indul ki és innen tart az egyenlítő felé, az antipasszát pedig részben leereszkedik a szélesség 35–40. foka közötti vidékre s szüli az ott tapasztalható magas légnyomást.

A 35–40-ik fokon túl az antipasszát mindinkább nyugot felől érkezik s alant és fönt némileg a Föld sarka felé tart, egy közép magas régióban azonban némileg visszatérő s az egyenlítő felé törekvő északnyugati áramlat fejlődik ki.

Az általános szélrendszer e szerint ekkép mutatkozik: az egyenlítő körüli övben az egész légtömeg kelet, a másik két övben a Föld északi és déli félgömbjén nyugot felől áramlik főképen. A mérsékelt övben tehát a nyugoti az uralgó áramlat.

Közép-Európáról tudjuk, hogy a Föld színén a nyugoti szél 54, a keleti pedig 30%-kal* van képviselve; tudjuk azt is, hogy a felhők régiójában levő Sántis és Sonnblick hegyen a keleti szelek még ritkébbak.

Hát vajjon nálunk milyen a levegő áramlása, milyen gyakoriak a nyugoti és keleti szelek? Megjegyzem, hogy a nyugoti (W) szelek neve alá a délnyugoti, nyugoti és északnyugoti, a keletiek (E) alá pedig az északkeleti, keleti és délkeleti irányok foglalvák. A nyugoti és keleti szelek gyakorisága, százalékban kifejezve, Magyarország különböző vidékein** a következő:

* H a n n, Lehrbuch der Meteorologie. 464. l.

** A szél iránya című munkám szerint számítottam a százalékot.

	W	E
1. Az Adria környékén	(13 áll.) 30	42
2. A Biló környékén	(21 áll.) 41	33
3. A Bakony vidékén	(21 áll.) 29	24
4. A Kis-Alföld vidékén	(19 áll.) 47	27
5. Az Alacsony-Tátra, Cserhát és Mátra táján	(19 áll.) 50	34
6. Az Északi Kárpátok környékén	(20 áll.) 27	25
7. A Hegyalja és Bükk vidékén	(10 áll.) 40	33
8. A Nagy-Alföld északi részén	(11 áll.) 30	39
9. A Nagy-Alföld középső részén	(10 áll.) 34	25
10. A Nagy-Alföld déli részén	(21 áll.) 37	42
11. A Keleti Kárpátok vidékén	(30 áll.) 46	37
Az egész ország 195 állomásán	37	33

A nyugoti és keleti szelek dolgában e szerint hazánk lényegesen különbözik Európa középső vidékeitől, a mennyiben nálunk a nyugoti szelek csak 37%-kal jelennek meg, tehát 17%-kal kisebb mértékben, mint ott; a keleti szelek gyakorisága nálunk mindössze 4%-kal kisebb a nyugotiaknál, holott Közép-Európában a keleti áramlat 14%-kal marad a nyugoti mögött.

A keleti szelek az ország három vidékén gyakoribbak, mint a nyugotiak, még pedig: az Adria környékén (többlet 12%), a Nagy-Alföld északi részén (többlet 9%) és a Nagy-Alföld déli környékén (többlet 5%). A keleti szelek ott jutnak uralomra, hol a hegyes vidékekről a nyugoton terülő tengerre, vagy síkságra tarthatnak. Az ország többi vidékén a

nyugoti szelek általában 9%-kal haladják meg a keletiekét. Feltűnő gyakori a nyugoti szél a Kis-Alföldön és környékén (többlet 20%), továbbá a Mátra, Cserhát és Alacsony-Tátra vidékén (többlet 16%), szóval az ország nyugoti részén.

A nyugoti és keleti szelek gyakorisága az év folyamán nem állandó. Kiválogattam a szél irányát tárgyaló dolgozatomból mindazokat az állomásokat, melyeken 10 teljes vagy csonka (legalább 115 hónapban) éven át történt a megfigyelés s arra az eredményre jutottam, hogy a nyugoti szelek tavasszal s főképen nyáron gyakoribbakká, ellenkezőleg a keletiek ritkábbakká válnak. A 65 állomás szerint a gyakoriság %-ban kifejezve a következő:

	Tél		Tavas		Nyár		Ősz		Év	
	W	E	W	E	W	E	W	E	W	E
65 állomás	35.4	34.2	39.1	31.5	42.9	26.8	35.4	34.1	38.3	31.6
Különbség	+ 1.2		7.6		16.1		+ 1.3		+ 6.7	

Ime, nyáron a nyugoti szelek 16%-kal gyakoribbak a keletiekénél, holott őszszel és télen mindössze 10%-kal jelennek meg sűrűbben.

Mi ennek az oka? A légnyomás eloszlása. Télen a nyugoti és keleti szelek egyaránt gyakoriak, s a légnyomás nyugoti vidékünkön, valamint a vele érintkező tartományokban, fel egészen az Atlanti-óceánig alacsonyabb, mint országunk többi részén. Ha a levegő nyomása nyáron is így oszlanék el, a nyugoti

és keleti szelek megint egyaránt gyakoriak lennének. Ámde nyáron Magyarországon és környékén északnyugoton, nyugoton és délnyugoton a légnyomás nagyobb, mint az ország többi vidékén s az Atlanti-óceán felé egyre nagyobbodik; e miatt azután nyáron jóval gyakoribbakká válnak a nyugoti szelek.

A nyugoti szelek nyári gyarapodásához még az a körülmény is hozzájárulhat, hogy nyáron, kivált a nap legmelegebb óráiban, az alsó és felső lég-

részecskék sokkal jobban keverednek, mint egyébkor s így a felső nyugoti áramlat a Föld színén is többször nyugoti áramlatot támaszthat.

Ámde a felhők régiójában csakugyan gyakoriabb-e nálunk a nyugoti áramlat, mint a Föld színén?

	A felső felhőkben		A közepes felhőkben		Az alsó felhőkben	
	W	E	W	E	W	E
Gyakoriság %/o ...	72	14	66	19	60	20
Különbség %/o ...	58		47		40	

Láthatjuk, hogy már az alsó felhők szintáján a nyugoti áramlat 40%-kal mulja felül a keletit, s hogy a nyugoti szelek szaporodása a közepes és felső felhőkben egyre fokozódik úgy annyira, hogy 100 eset között a cirrus és cirrostratus felhők 72-szer nyugot (NW, W, SW) és csak 14-szer kelet (NE, E, SE) felől érkeznek; észak és dél felől is 14 esetben tartanak. Ha a felhők egyaránt gyakran eredmények minden égi táj felől, a cirrus és cirrostratus alakúaknak északnyugot, nyugot és délnyugot felől 37.5-szer kellene érkezniök 100 eset között, s ime 72 izben tartanak onnan felénk.

Áll tehát, hogy nálunk a felhők szintáján általános a nyugoti áramlat, jóllehet a Föld színén ez áramlat csak csekély mértékben haladja meg a keletit.

Hogy nyáron a nyugoti szelek gyarapodásához a felső nyugoti áramlat is hozzájárulhat, tanusítja az a tapasztalat, hogy a Nagy-Alföldön, Kun-Szent-Mártonban és Turkevén 15 éven át történt följegyzés szerint a nyugoti szelek délután 2 órakor gyakrabban fúnak, mint reggel és este, még pedig nyáron jóval nagyobb mértékben, mint télen. Ime százalékban kifejezve a gyakoriság a következő:

Igen; tanusítják ezt a felhő-megfigyelések. Budapesten, Turkevén, Gyulafehérváron az 1891. évi novembertől az 1894. évi áprilisig, tehát 30 hónap* alatt a nyugoti és keleti áramlat gyakorisága %/o-ban kifejezve következőnek bizonyult:

	Óra	Tél		Nyár	
		W	E	W	E
K.-Szt.-Márton ...	7	31	38	40	31
Turkeve ...	2	36	31*	51	21*
(15 év) ...	9	33	36	43	32

E szerint a nyugoti szelek délután 2 órakor télen csak 5, nyáron 30%-kal haladják meg a keletieket. A nyugoti szelek ugyan gyakoriabbak nyáron reggel és este is, mint a keletiek, de csak 100% kal, déltájban pedig 300%-kal! Ezt másképp magyarázni nem lehet, csak úgy, ha felteszszük, hogy déltájban a légkeveredés miatt a felső nyugoti áramlat részben a Földig érezteti hatását.

Valamint a nyugoti és keleti szél a Föld színén nem állandó mind a négy évszakban, hanem évszakos változást tüntet fel, úgy van az a felhők régiójában is; a nyugoti és keleti áramlat gyakorisága évszakonként váltakozik, de kissé másképen, mint a szél. Bánhorváti, tardosi, kun-szent-mártoni és turkevei 19 évi megfigyeléseim és Á v é d J á k ó főgimnáziumi igazgató 16 éves gyulafehérvári** adatai szerint a nyugoti és keleti áramlat gyakorisága százalékban kifejezve a következő:

* Az adatokat az eredeti megfigyelő-ívekből irtam ki. A közepes felhőket Budapesten és Gyulafehérváron csak a cirro-cumulus, Turkevén azonfelül az alto-stratus és alto-cumulus alkotja.

** Á v é d J., Alsó-Fehér vármegye éghajlata. 117. l.

	Tél		Tavaszi		Nyár		Ősz		Év	
	W	E	W	E	W	E	W	E	W	E
Alsó felhők... ..	56	21	53	24	65	16	61	17	59	19
Közepes és felső felhők... ..	61	17	65	16	71	12	73	8	68	13

A nyugoti áramlat az alsó felhőkben tavasszal nem gyarapodik, mint a szélnél, sőt évi minimuma mutatkozik akkor; a közepes és felső felhőnél a nyugoti áramlat téltől ősziig folyvást nő. Az alsó felhők szintáján a nyugoti áramlat ép úgy, mint a szélnél, leggyakoribb nyáron; de míg a szélnél csak 43, addig az alsó felhőkben 65%-át teszi valamennyi áramlatnak. Ha a télhez viszonyítjuk a nyarat, bemutatott adataink alapján arra az eredményre jutunk, hogy a nyugoti áramlat gyakoribbá válik:

A szélnél	7·5	} 0%-kal.
Az alsó felhőknél	9	
A közepes és felső felhőknél	10	

A nyugoti áramlat e szerint csaknem egyformán gyarapodik a téltől a nyárig valamennyi légrétegben, a Föld színétől kezdve a felső felhők régiójáig.

A nyugoti és keleti légáramlat gyakorisága nemcsak évszaki, hanem nap-szaki változást is tüntet fel.

A szél, mint már említettem is, másképen fú déltájban, mint reggel és este. A Nagy-Alföldön, Kun-Szent-Mártonban, Turkevén, Tardoson az évi gyakoriság %-ban így alakul:

	Óra	W	E
Év {	7	29	42
	2	41	33*
	9	31	43

Ime, reggel és este a keleti, délben a nyugoti az uralkodó áramlat. Az ellentét legjobban élesedik ki nyáron; hogy miért, említettem már. Ez adatokban egyébiránt a szél fordulása is tükröződik; a keleti szelek dél, délnyugot felé fordulnak reggeltől délutánig, mivel részint a légnyomásbeli depressziók, melyek tőlünk

északra eső vidéken vonulnak, kelet felé tartanak; részint pedig a felső légáramlat, mint erősebb, az alsót magával ragadja a nap melegebb óráiban s így irányát megváltoztatja. Este visszatérnek a reggeli állapotok s a szél is visszafordul.

A hegységben a szél ilyenén fordulása ki nem fejlődhetik, ott a völgyi és hegyi szelek játéka áll be. Az erdei völgyben levő Bánhorváthon a nyugoti és keleti szelek gyakorisága %-ban kifejezve így mutatkozik:

	Óra	W	E
Év {	7	58	31
	2	45*	47
	9	51	38

Itt a nyugoti áramlat délben ritkább, ellenkezőleg a keleti gyakoribbá lesz. Bánhorváthon a Bánpatok vize délnyugatról északkelet felé folyik; hasonlóképen a szél is reggel és este a vízzel tart, a hegyekről lefelé gördülnek a légrészecskék; déltájban pedig a hegyek oldalán élénk felszálló áramlat keletkezik, a nyomás ott kisebbedik, s így a szél a hegyre fú, a víz folyásával ellenkezőleg. Meg kell jegyezni, hogy délnyugot felé jóval magasabbak a hegyek, mint északkelet felé.

Hogy délben a keleti szél gyakoribbá válik, mint volt reggel, ez a sajátság némileg Gyulafehérváron és Pannonhalmán is mutatkozik.

Az alsó felhők régiójában ellenkező sajátságra bukkanunk, mint a Föld színén. Az említett három alföldi állomáson délután 2 órakor gyakoribb a keleti áramlat, mint reggel és este, a nyugoti pedig kissé ritkábbá válik déltájban. Ha a leszálló

áramlat a Föld színén gyarapítja a nyugoti áramlatot, egészen természetes, ha a felszálló alsó keleti áramlat ugyanezt cselekszi, de kisebb mértékben, az alsó felhők szintáján s a keleti áramlat fokozásához hozzájárul.

Bánhorváthon megfordítva történik, a keleti áramlat délben ritkábbá, a nyugoti pedig kissé sűrűbbé válik az alsó felhők szintáján. Ez megint szépen bizonyít az alsóbb és felsőbb légkeveredés mellett.

Úgy látszik, hogy Turkevén e légkeveredés a közepes felhők régiójáig is

terjed, mivel déltájban a keleti áramlat 10/0-kal kisebbedik, a nyugoti pedig 40/0-kal nagyobbodik a reggeli és esteli áramlat-hoz képest.

A felső felhők régiójában ilyen saját-sággal már nem találkozunk.

Ezek után azt tartom, hogy a mérsékelt égöv uralkodó nyugoti áramlata mellett hazánk adatai is bizonyítanak. A Föld színén a domborzati viszonyok némileg megmásíthatják ugyan ezt az általános nyugoti áramlatot, de a felhők szintáján akadálytalanul uralkodhatik s uralkodik is egész éven át.

HEGYFOKY KABOS.

Az elektromos convection.*

Ha két, különböző potenciálon levő, elektromos vezetőt összekötünk, csakhamar mindkettőn egy közös potenciál-érték mutatkozik; ha módunkban van a két test potenciálkülönbségét állandóan fenntartani (úgy pl., hogy a két testet elektromos battria két sarkához kapcsoljuk), az összekötő drót mentén különböző potenciálértékeket lehet kimutatni. Ez elektromos állapotot, mint ismeretes, »áram«-nak nevezzük.

Ily áram egybek között akként is kimutatható, hogy a közelében elhelyezett mágnesű nyugalmi helyzetéből elfordul. Kétségen kívül az »áram« elnevezés képletesen veendő, mert valóságos áramlást, tehát valaminek helyváltozását nem lehet észrevenni. Az elnevezés annyiban jogosult, a mennyiben csaknem az összes e körbe tartozó kísérletek és a folyadékok áramlása közt bizonyos analógiák vannak, s ez analógiák még a

quantitatív törvényekre is kiterjednek. Így pl. az első kísérletet úgy utánozhatjuk, hogy két víztartót, melyekben különböző magasságban víz van, csővel kötünk össze: rövid idő múlva mindkét tartó szintje egyenlő.

Ha a magasabb szintű víztartóban a kifolyó vizet mindig újjal pótoljuk (úgy pl., hogy vízvezetékekkel kötjük össze), az alsóban pedig nem engedjük meggyülemelni, állandó áramlás jó létre, miként az előbb említett kísérletek másodikában szó volt.

Az elektromos áram jelenségeit úgy magyarázzuk, hogy bizonyos elektromos testcskék (fluidumok, ionok, elektronok) helyöket a fennforgó potenciálkülönbség folytán változtatják; a kérdés most az: jelenkeznek-e az áramjelenségek akkor, ha e testcskék helyváltozása nem potenciálkülönbség miatt történik, hanem azért, mert hordozójukat mechanikai úton mozgatjuk.

Az elektromos áramnak ily módon való létrehozását Helmholtz-czal röviden »elektromos convection«-nak nevezzük.

* Kivonat a Tud. egyetemen az A h r e n s t e i n-féle alaptól jutalmazott pályaműből.

Az elektromos conveció analogiája az volna, midőn egy víztartót valami szerkezet segélyével állandó mozgásban tartunk; ekkor nyilván ennek belsejében a folyadék szintén mozog, vagyis, a szót a rendesnél kissé általánosabb értelemben használva, áramlik.

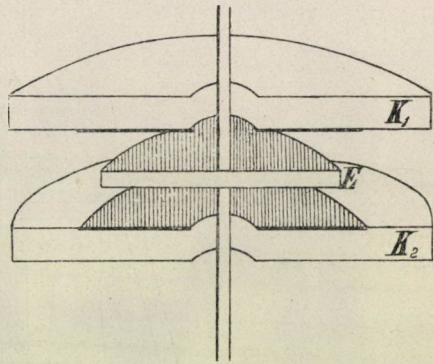
Valószínűleg erre az analogiára gondolt Faraday, mikor minden kísérlet nélkül egész apriorisztikusan ezt mondja híres »Experimental Researches in Electricity« című művében: »Ha egy pozitív elektromossággal töltött golyót elhajítunk, ugyanoly hatások fognak léte-sülni, mintha a mozgás irányában áram jött volna létre.« Maxwell, e tárggyal foglalkozva, ezzel szemben praktikus, mérésekre alkalmas összeállítást ajánl, a melylyel Rowland-nak sikerült, bár nem minden kétséget kizárólag, kimutatnia, hogy az elektromos conveciónak van mágneses hatása.

Mint látni fogjuk, Maxwell fel-fogása a helyesebb, mert egész határozottsággal még ma, hatvan évvel azután, hogy Faraday a fenti tételt leírta, ma sem birunk a kérdésre megfelelni.

A Maxwell-Rowland-féle kísérleti összeállítás, melyet több-kevesebb változtatással a későbbi kísérletezők is megtartottak, a következő.*

Az E vízszintes ebonitkorongot (1. ábra) mindkét oldalán megaranyozzuk; ez aranyozás a statikai elektromosság hordozója, melyet egy nagy leydeni batiéria nyújt. A korongot függőleges tengely körül forgatva, elektromos conveció s így, ha Faraday elméleti megfontolása igaz, elektromos áram jó létre. Ez áram kimutatására a korong fölött érzé-

keny mágnesű lóg, melynek kilengéseit a szokásos Gauss-Poggendorff-féle módszerrel: skála, tűkőr és távcső se-gélyével figyeljük meg. A korong elektrostatikai hatásának megakadályozására, fölötte és alatta is, egy-egy széles gyűrűben aranyozott üvegkorongot, K_1 és K_2 , helyezünk el, melyeknek aranyozását a földdel vezetőleg kötjük össze. Ugyane czélból a mágnesű is réztartóban lógott, melynek csak egy kis üveglakla volt. Rowland kísérleteinek eredménye az volt, hogy a korong forgatásával a tű ki-tért nyugalmi helyzetéből. E kitérés meg-felelt az Ampère-féle szabálynak s így



1. ábra. A Maxwell-Rowland-féle kísérlet berendezése.

a forgatás irányával meg volt változtat-ható. A mérés eredményei nem voltak ily jók, de erre nem is lehetett számítani, mert az itt működő erők a föld mágnessé-gének körülbelül 50000-ed részei.

Néhány évvel e kísérletek után Le-cher a bécsi chemiai és fizikai társulat ülésén több kísérletéről* referált, melyek közös vonása abban állott, hogy eddig általánosan elismert tényekkel homlok-egyenest ellenkeztek. E kísérletek elseje

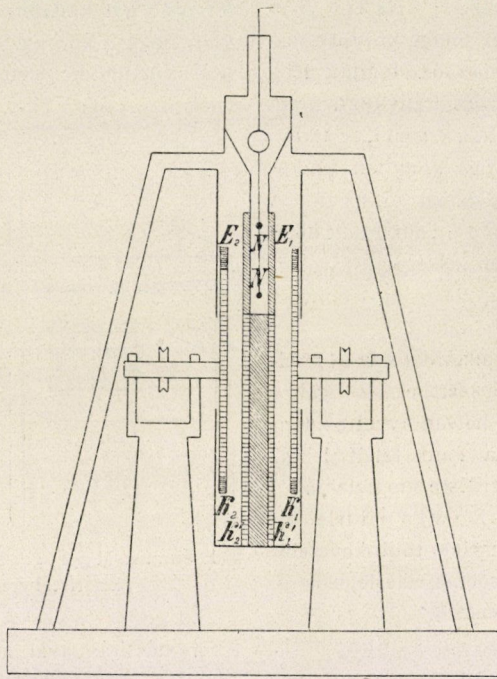
* Helmholtz, Bericht, betreffend Versuche über die elektromagnetische Wirkung elektrischer Convection, ausgeführt von Herrn H. A. Rowland stb. Pogg. Ann. CLVIII. köt. 1876.

* Lecher, Sitzungsberichte des Wiener chem-phys. Vereins. Rep. der Physik. XX. köt. 1884.

az elektromos convectionra vonatkozott: csekély változtatásokkal megismételte a Rowland-féle kísérleteket, s a forgó korongnak semmiféle mágneses hatását sem bírta észlelni.

Lecher e negatív eredményei újabb kutatásra buzdították a tudósokat. Németországban Himstedt,* Angolországban Rowland és Hutchinson** foglalkoztak az elektromos convection

kérdésével. Pontosabb eszközeik segélyével, úgy vélték, minden kétséget kizárólag sikerült kimutatniok az úgynevezett Rowland-effektust, a hogy a forgó elektromozott korong mágneses hatását röviden nevezzük. Bár e tudósok egymástól teljesen függetlenül dolgoztak, kísérleti összeállításuk minden lényeges pontban mégis feltűnően hasonlít. Mindkettőnél megtalálni a E_1 , E_2 függőleges



2. ábra. A Rowland-effektus kimutatása.

helyzetű, vízszintes tengely körül forgó, ebonitkorongokat (2. ábra), melyeknek aranyozása viszi az elektromosságot. Mindegyik ebonitlapot két-két üveg (K_1 , K_1' ; K_2 , K_2') választja el az (NN) túpártól

* Himstedt, Über die elektromagnetische Wirkung der elektrischen Convection. Wied. Ann. 1889. 38. kötet.

** Rowland and Hutchinson, Electromagnetic Effect of Convection-currents. Phil. Mag. 1889. 27. kötet.

és a külső tértől. A két korong egymástól függetlenül is mozoghat; a forgást a készüléktől elég távol elhelyezett elektromotor okozza. Himstedt a következő szabályokat állította fel:

1. A túpár elfordulásának iránya megfelel az Ampère-szabálynak; az irány megváltozik, ha akár a korong elektromos töltésének előjelét, akár a mozgás irányát változtatjuk meg.

2. A kitérés arányos a forgási sebes-

séggel és bizonyos határok között, a töltés potenciáljával.

Végre még fel akarom említeni *Himstedt* utolsó kísérletsorát, melyben azt szándékozik kimutatni, hogy a mágneses kitérést csakis a convection okozhatta. E célból négy mérést végez: 1. az I. korong mozog, a II. korong áll, 2. az I. korong áll, a II. korong mozog, 3. mindkét korong egy irányban forog, 4. mindkét korong forog, de egymással ellentett irányban. Ha 1. és 2.-t megmértük és úgy találtuk, hogy az I. korong *a* foknyi kitérést a II. korong *b* foknyit idéz elő, úgy 3.-ban a kitérés előreláthatólag $a+b$, 4.-ben $a-b$. Kétily négyes kísérlet adatai:

1.	2.	3.		4.	
		meg- figyelve	szá- mítva	meg- figyelve	szá- mítva
27·8	22·2	47·0	50·0	3·5	5·6
35·1	20·1	56·1	55·2	14·0	15·0

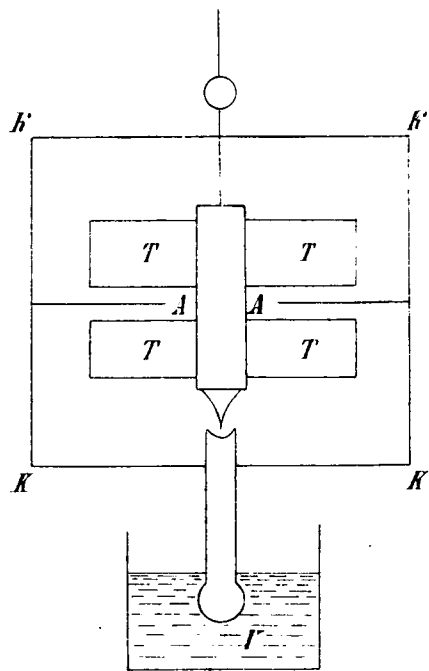
Mint látjuk, a megfigyelés és a számítás adatai elég jól egyeznek; az érdekes e táblázatban a 3. és 4. adatainak összehasonlítása. Ugyanis 3. és 4. kísérleti feltételei, a II. korong forgási irányát nem tekintve, teljesen azonosak; a nagy különbséget, mely a kitérések között mutatkozik, e szerint szükségszerűen a forgás, pontosabban az elektromos convection idézte elő.

E kísérletek után, úgy látszott, hogy az elektromos convection problémája teljesen meg van fejtve. Sőt *Lippmann* még tovább ment: a *Rowland* effektus létezéséből egy új hatás létezésére következtetett*. Gondolatmenete röviden a következő: *Rowland* és *Himstedt* bebizonyította, hogy mozgó elektromos test a közelében levő mágneses testet elmozdítja; ha tehát a mágnest forgatjuk,

kell, hogy ez hatással legyen a közelben levő elektromos testre.

E »*Lippmann*-effektus« kimutatására *Crémieu*, egy fiatal francia tudós, vállalkozott,** kinek munkálatai a probléma történetében csomópontot alkotnak.

Lippmann eredeti eszméjétől kissé eltérve, nem egy mágnes forgatásával, hanem általában a mágneses tér megváltoz-



3. ábra. *Crémieu* kísérlete.

tatásával akarja *Crémieu* a keresett effektust kimutatni. E változtatást úgy éri el, hogy a *TT* tekercsekbe (3. ábra) váltakozó áramot bocsát. Ha *Lippmann* elmélete helyes, úgy ezáltal az *AA* elektromozott aluminiumkorong s a vele szii-

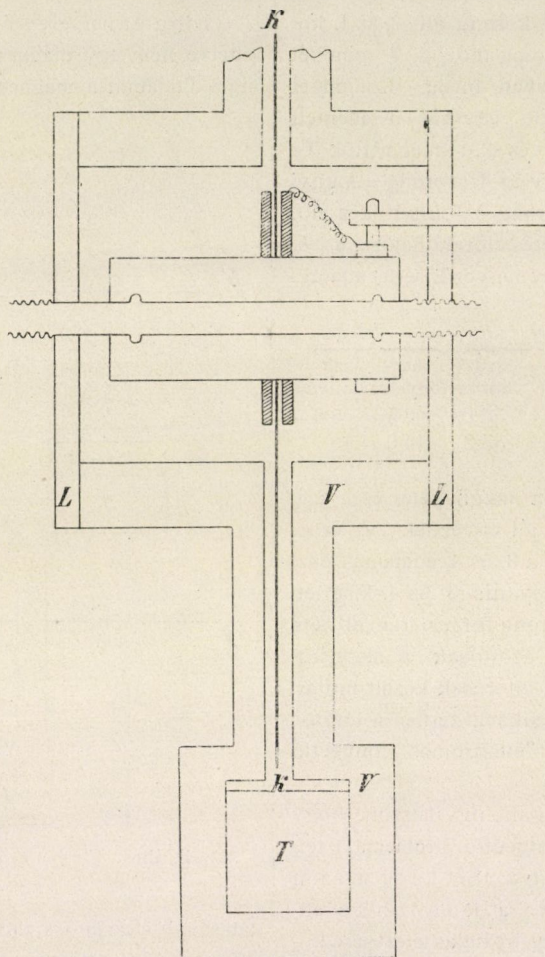
* *Lippmann*, Action du magnétisme en mouvement sur l'électricité statique. C. R. 1879. 89. kötet.

** *Crémieu*, Recherches sur l'effet inverse du champ magnétique, que devrait produire le mouvement d'un corps électrisé. C. R. 1900. 131. kötet.

lárd összeköttetésben levő KK keret fog. Hogy a készülék eléggé érzékeny, tehát könnyen forgó legyen, a keret alsó vége V víztartóba merül, mely a korong és a keret súlyának legnagyobb részét

így ellensúlyozza. A kísérletet végrehajtva Crémieu arra a meglepő eredményre jutott, hogy ily hatás egyáltalán *nem* mutatható ki.

Minthogy Lippmann dolgozatá-



4. ábra. Crémieu újabb kísérlete.

ban a keresett hatás létezését egyrészt az energia megmaradásának elvére, másrészt a Rowland-Himstedt-féle kísérletekre alapította, Crémieu természet-szerűen ez utóbbiak helyességét vonta kétségbe, és ezeket újabb vizsgálat alá

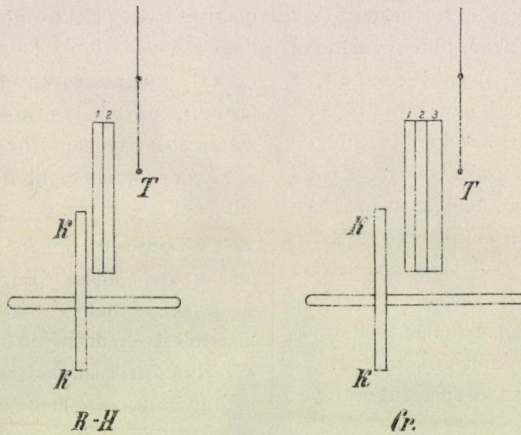
fogta. Erre vonatkozó kísérleteiben* új gondolatot találunk. Crémieu előtt

* Crémieu, Recherches sur l'existence du champ magnétique produit par le mouvement d'un corps électrisé. C. R. 1900. 130. kötet.

a tudósok mind csak a convection hatását a mágnesűre keresték, ő pedig az elektromos inductiót akarta felhasználni. Tudjuk, hogy, ha közönséges áramkörben az intenzitás megváltozik, az áramkör közelében elhelyezett másodrendű zárt áramkörben pillanatnyi »indukált« áram jön létre. Ha tehát a convection árammal aequivalens, a mint Faraday szerint fölvevük, úgy kell, hogy ennek is legyen ily hatása. A kísérleti összeállításban *KK* elektromossággal meg-

tölthető korong (4. ábra), két aczéllemezzel, *LL* között foroghat, mely utóbbiak a *VV* vastartókon nyugszanak. E tartók a *T* tekercset veszik körül, melynek áramkörébe galvanométert iktatunk. Ha tehát a korongot forgatjuk és kommutátorral a töltés előjelét, vagyis a convection áram intenzitását gyorsan változtatjuk, a *T* tekercsben áram indukálódik, melyet a galvanométer tűje jelez.

Ez összeállításnak jó oldala az előbbiekhöz képest az, hogy a galvanométer



5. ábra. Crémieu ellenőrző kísérlete.

a tulajdonképeni műszertől, tehát az ő mechanikai és elektromos zavarásaitól tetszőlegesen távol tehető.

E kísérletek, melyeket Crémieu sok változatban megismételt, arra látszólag utalni, hogy az elektromos convection *nincsen* indukáló hatása.

Nyílt kérdés már most, miként kaphatott Rowland és Himstedt egyáltalán kitéréseket, ha convection áram *nincsen*.

Egy új kísérletsor erre is megadta a feleletet, bár el kell ismerni, hogy e felelet nem egészen kielégítő.

Crémieu megismételte a Row-

land és Himstedt-féle kísérleteket azzal a kis változtatással, melyet a 5. sz. vázlatos ábrán látni. *R.-H.* a Rowland-Himstedt-féle, *Cr.* a Crémieu-féle összeállítás, *KK* mindkettőben korongot, *T* a tűt ábrázolja. Mint látjuk, egyetlen különbség a 3.-mal jelölt czínn, mely *R.-H.*-ben hiányzik, de *Cr.*-ben megvan. Crémieu úgy tapasztalta, hogy az *R.-H.* összeállításban a *K* korong forgatásakor *T* kitér, *Cr.*-nél pedig nem tér ki. Crémieu az *R.-H.*-nál mutatkozó kitérést pillanatnyi áramok hatásának tulajdonítja, melyek 1. és 2. között jönnek létre; ha, mint *Cr.*-nél, a 3.-t beiktatjuk, 2. és 3. között

ellenkező irányú pillanatnyi áramok származnak, így tehát az összhátás T -re nulla.

Természetes, hogy Crémieu kísérletei, melyek az eddigi dolgozatokkal épen ellentétes álláspontot foglalnak el, nagy feltűnést keltenek a fizikusok körében. Nem is késett a sok bírálat, mely több-kevesebb szerencsével részint Crémieu összeállításában elvi hibát próbált kimutatni, részint az eszközök hiányos voltában kereste a feltűnő eredmény okát. A nélkül, hogy ez elméleti vitatkozásokba bocsátkoznám, azon fizikusok dolgozatát akarom fölemlíteni, kik újabb kísérleti adatokkal fölfegyverkezve léptek a küzdőterre. Ilyen Pender, aki kísérleteiben* a Rowland-Himstedt-féle szimmetrikus két korong elrendezését egyesíti azzal a Crémieu-tól származó gondolattal, hogy az áram mágneses hatása helyett az inductióját méri. Pender mérései — saját kifejezése szerint — »minden kétséget kizárólag tanúsítják, hogy convectionnak van mágneses hatása«. Ugyanilyen eredményre jutott Adams** is, ki dolgozatában az

eredeti Faraday-féle gondolatra tér vissza, s a forgó golyók mágneses hatását vizsgálja. Ez összeállításnak is megvan a maga jó tulajdonsága: a golyó szimmetrikusabb test a korongnál, s így hatásának elméleti kiszámítása egyszerűbb és pontosabban végezhető. Ezekkel szemben Korda Dezső kísérleti sorozatában*** arra a meggyőződésre jut, hogy az elektromos convectionnak nincs mágneses hatása. Az ő dolgozatának alap gondolata az eddigieknek bizonyos tekintetben megfordítása: Itt t. i. nem az elektromos test mozog, hanem a mágnes egy elektromos térben; ha a Faraday-Rowland-elmélet igaz, ezáltal mágnesség indukálódik a forgó testben, ez tehát a közelben elhelyezett mágnesről nyugalmi helyzetéből kitéríti. Korda, mint említettük, nem tapasztalta ezt a kitérést.

A convection mágneses hatásának ez íme a mai állása. Bármily határozottsággal szóljanak a két nézet képviselői kísérleteik eredményeiről, az objectiv bíráló igazán csak azt mondhatja, hogy az ügy nincsen még teljesen tisztázva.

* Pender, On the magnetic effect of electrical convection. Phil. Mag. 1901.

** Adams, On the electromagnetic effect of moving charged spheres. Phil. Mag. 1901.

*** Korda, Kísérletek az elektrostatikai erőter mozgásának mágneses hatásáról. Math. és Term. Ertesítő. 1902.

Az aluminothermiáról.

Fémoxidvegyületből és felaprózott aluminiumból álló keverék valamelyik helyén meggyújtva, külső hő hozzájárulása nélkül teljesen elég, miközben a hőmérséklet becslés szerint 3000° C.-ra emelkedik, az illető fém pedig folyékony állapotban gyülemlik össze a szintén megolvadt salak (aluminiumoxid) alatt. Ez a tapasztalat, melyet H. Goldschmidt pár évvel ezelőtt tett, alapja annak az aluminothermiai eljárásnak, melyet épen Goldschmidt-nak jelentékenyen fejleszteni sikerült. A mennyire egyszerű a kémiai átalakulás, melyben a reakció valamely fémoxidvegyület, például vasoxid és aluminium közt végbemegy, annyira nehéz volt megoldani azt a kérdést: hogyan is kell megindítani az átalakulást és főleg, miután a chrónoxid és aluminium keverékével való első kísérletek megtörténtek, mily magas hőmérsékleten történjék a meggyújtás. Tudvalevőleg Goldschmidt-nak eredetileg az volt a célja, hogy széntől mentes chrómot állítson elő; ebbeli kísérletei közben bukant az aluminothermiára.

A fémoxid-aluminium-keverékek többsége, a melyeknek törvényesen védett »thermit« neve a tudományban és a technikában is általában ismeretes, izzó vasrúddal megkeverhető a nélkül, hogy átalakulásuk megindulna. Az átalakulás megkezdéséhez igen nagy hőmérséklet kell. A megfigyelésnek igen fontos eredménye az a tapasztalat, hogy az anyag valamelyik pontján gyújtással megindított átalakulás maga magától, külső hő hozzá-

járulása nélkül, a legkülönbözőbb összetételek keverékében — tehát nemcsak fémoxidok és aluminium, hanem általában oxigén-, kén- és halogéntartalmú vegyületek, továbbá aluminium, magnézium, esetleg mészkarbid közt is — továbbterjedjen és a reakcióban levő, később hozzáadott anyagra is átszarmazzék.

A kísérletekből kiderült, hogy az oxigénnel való vegyületeknek egész sora van, a melyek aluminiummal keverve, aránylag véve alacsony hőmérsékleten gyúlnak meg, azután pedig azonnal igen nagy égés-hőt fejlesztenek. Így tehát csak szert kellett tenni a könnyen gyúlékony, úgynevezett gyújtókeverékekre, a minő például a báriumsuperoxid és az aluminium, és a nehezen gyúlékony keverékekre hinteni azt, továbbá valamely láng, például kis magnézium-szalag, izzó vaspálcza, vagy más segítségével meggyújtani őket, hogy az összes anyag reakciója azonnal meginduljon. A superoxidokon kívül még igen sok más oxid is olyan természetű, hogy finom porrá tört aluminiummal keverve, alacsony hőmérsékleten gyúlad meg; ilyen az ólom- és rézoxid, a wolfrám- és molybdaensav stb. Goldschmidt eleinte bárium-superoxid és aluminium keverékéből álló, kicsiny golyókat, úgynevezett »gyújtó cseresznyét« állított volt elő,* melyeket alkoholos sellak-oldattal ragasztott össze és melyekre magnéziumszalagot is illesztett, hogy biz-

* Természettudományi Közlöny 1899. évf. 150 l. »Tiszta fémek előállítása magas hőmérsékleten« című közleményben.



tos hatást érjen el. Mikor báriumsuperoxid helyett nátriumsuperoxidot használt, észrevette, hogy a hozzákevert alumínium már igen alacsony kezdő hőmérsékleten is meggyulad, mert a nátriumsuperoxid hydratisációjakor keletkező meleg, mit egy vízcsepp hozzáadása is megindít, már elegendő, hogy az oxigén a finom porrá zúzott alumíniummal egyesüljön. A nátriumsuperoxidnak olyan tulajdonsága ez, a mely kivált a szerves testek iránt már rég ismeretes.

Mai nap a meggyújtás a gyakorlatban úgy történik, hogy a meggyújtandó keverékre égő u. n. vihar-gyújtófát dobnak rá.

Ez az átalakítás megoldotta azt a feladatot, hogyan kell az alumíniumban felgyülemlett, jelentékeny mennyiségű energiát igen egyszerű módon szabaddá tenni és különböző célokra értékesíteni. Ezen az alapon keletkezett az »aluminothermia« néven ismeretes iparág.

Immár vagy 50 évre nyúlnak vissza az alumíniumnak redukciószerűl való felhasználására vonatkozó kísérletek, mikkel Wöhler és Michel, Deville, Tiessier testvérek és Beketov foglalkozott; említendőek még C. I. Winckler dolgozatai is a magnézium redukáló tulajdonságairól.

Az előbbeni bűvárok kivétel nélkül akként dolgoztak, hogy a kis tégelyben levő keveréket kívülről izzították; a gyakori igen heves reakciók miatt azonban nem lehetett lefolyásukat pontosan megfigyelni. Valahányszor a nagyobb tömegű keverék, a mely a külső izzítás következtében úgyszólván a maga egészében közel volt gyúlési hőfokához, hirtelen reagálni kezdett, mindannyiszor heves, sokszor veszedelmes robbanás is keletkezett.

A mi az alumínium elégségséből keletkező hőmérséklet nagyságát illeti, lehetetlen csak közelítő pontossággal is meghatározni, minthogy nincs eljárás a 2000 fokot jóval meghaladó hőmér-

sékletek tudományos meghatározására. Goldschmidt kénytelen volt beérni azokkal a becslésekkel, miket a Wiborgh-féle thermofonnal kapott, a melyet több gyárban arra használnak, hogy a legalább ezer fokkal alacsonyabb hőmérsékleteket a Martin-féle kemenczékben meghatározzák vele. A thermofon kicsiny, tűzálló anyagból sajtolt, teljesen egyenlő nagyságú és egyenlően erős falú henger, melynek közepében durranó higany süveg van. A hőmérséklet nagysága szerint több-kevesebb idő telik el, míg a robbanó anyag a henger belsejében bomlása hőfokát eléri és gyenge robbanásával jelzi a kísérlet befejezését. Az eltelt időnek megfelelő hőfokokat e célra való táblázatokba foglalták össze. A chrómoxid-redukciókkal végzett többféle, szabályos kísérletek a 2900—3000° C.-ra jól egyező értékeket adtak. Megjegyzendő, hogy a kis henger egyszer sem kezdett olvadni, tehát a durranó higany robbanását a hővezetés okozza, s hogy a táblázatokban levő felsőbb értékek főleg extrapolation alapulnak, tehát csak becslésbeli értékeknek vehetők.

A német elektrotechnikusok leipzig-i gyűlésén 1898-ban Ostwald az egész eljárást, melyet Goldschmidt akkor mutatott volt be először és a mely fejlődésének csak a kezdetén volt, ekként jellemezte: »Ime, egy magas kemence és kovács-tüzelő a mellényzsebben!« Hogy ezt az elmés nyilatkozatot adatokkal támogassuk, idézni fogjuk azokat a számokat, melyek kifejezik, hogy mekkora hő kell arra, hogy valamely elem 1 kg-ja az oxigénnel egyesüljön. A számok Landolt és Börnstein 1894. adataiból valók, csak az a kár, hogy éppen az alumíniumra vonatkozó adat hiányzik belőlök; ezt a számot Strauss, az esseni gyár fizikai laboratoriumának feje, bocsátotta Goldschmidt rendelkezésére. Ezek szerint, ha a

H	elég H ₂ O-vá	34553	kal.	keletkezik	(Joule szerint)
C	» CO ₂ »	7859	»	»	(Berth. és Pet. szerint)
Al	» Al ₂ O ₃ »	7140	»	»	(Strauss szerint)
Mg	» MgO »	6010	»	»	(Rogers szerint)
P	» O ₂ O ₅ »	5547	»	»	(Andrews szerint)
Na	» Na ₂ O »	3293	»	»	(Woods szerint)
Ca	» CaO »	3284	»	»	(Thomsen szerint)
S	» SO ₂ »	2165·6	»	»	(Berthelot szerint)
As	» As ₂ O ₅ »	1462·5	»	»	(Favre és Silbermann szerint)
Zn	» ZnO »	1291·3	»	»	(Ugyanazok szerint)
Cu	» CuO »	593·6	»	»	(Joule szerint)
Sn	» SnO »	573·6	»	»	(Andrews szerint)
Pb	» PbO »	243·0	»	»	(Thomsen szerint)
Bi	» Bi ₂ O ₃ »	95·5	»	»	(Woods szerint)
Ag	» Ag ₂ O »	27·31	»	»	(Thomsen szerint).

Tegyünk ezek alapján számítást ama hőre vonatkozólag, mely keletkezik, ha vasat aluminothermiai úton választunk ki! Hogy 1 kg vas az oxidjából keletkezzék, arra 0·484 kg aluminium kell, a melynek égésekor

$0·484 \times 7140 = 3455·76$ kaloria származik.

Hogy 1 kg vasat oxidjából redukáljanak, arra Fischer szerint 1768 kaloria kell, a mi középérték 1648 és 1887 hőegység közt. A szénben szegény, nagyon tiszta, aluminogenetikai úton készült vas olvadáspontja 1600^o-ra tehető, bár a valóságban valamivel alacsonyabb fokon van. A kovácsolt vas fajhévét 4 és 27^o közt Landolt és Börnstein táblázata 0·108079-nek veszi fel, a fehér olvasztott vasnak lappangó olvadáshéve Gruner szerint pedig 33, a melyet a kovácsolt vasnak még meg nem határozott olvadásmélege helyett használni fogunk. Ezek szerint az 1 kg vas olvasztására szükséges meleg $1600 \times 0·108 + 33$ kal. = 205 kaloria. Mégis helyesebb a közép-fajhőt 0^o és az olvadáspont, tehát 1600^o-ra venni, a mi Pionchon szerint 1600^o-ra körülbelül 0·19; így tehát

$1600 \times 0·19 + 33 = 337$ kaloria.

Mikor 1 kg vasat állítunk elő, ugyanekkor 0·91 kg agyagföld is keletkezik. Az

agyagföld olvadáshőjét a durranó gáz lángjában éri el, de a feloldott csekély mennyiségű fénoxid, illetőleg fénoxidul az olvadáshőt csökkenti. Tegyük 1900^o-nak. Az agyag lappangó olvadáshője szintén ismeretlen; vegyük 50 kaloriának; ennyit vesz fel t. i. Gruner a magas kemence salakja számára. Az agyagföld fajhévét Ostwald 0·2173-nak teszi. Ez alapon a 0·91 kg agyag megolváztatására szükséges hő

$0·2173 \times 1900 \times 0·91 + 50 = 425·71$ kal.

Igy tehát 1 kg vas keletkezésére 1768 kaloria, megolváztatására 337 kal., a salak megolváztatására 425·71 kaloria, összesen 2530 kal. kell; ellenben 0·484 kg aluminium elégésétől 3455·76 kaloria keletkezően, az aluminothermiai vasselőállításban 925·05 kal. rendelkezésre álló (disponibilis) hő van. Mivel 1 kg thermit gyakorlatilag körülbelül $\frac{1}{2}$ kg vasat ad, 1 kg thermit mintegy 450 kaloria meleget fejleszt.

Ha az ember csak úgy felszínesen vizsgálja a dolgot, nem hinné, hogy a thermitel az annyira meglepő thermikus hatás elérhető legyen. Ámde számba kell venni, hogy az igen magas hőfokon lezajló reakció nemcsak igen gyorsan folyik le, hanem hogy semmiféle illó égéstermékek

sem keletkeznek és az ember a megadott kalóriákat hamar és egyszerűen juttatja el és különösen jól kihasználja.

A vas fajheve tetemesen növekszik a hőmérséklettel: így az olvasztott vasé olvaszpontján majdnem kétszer akkora, mint a közönséges hőmérsékleten, vagyis körülbelül 0·2 a fentebb felvett 0·1-hez képest. A nagyon izzó thermitvas hatása a hideg vasra, minthogy reakciója hőhozzájárulás dolgában kétszer akkora, nagyon is nevezetes és egyúttal megmagyarázza, hogy a thermitvassal megolvasztandó vasdarabokat miért nem kell külön erősen fölmelegíteni.

A következő megfontolás a legjobban megvilágítja a termikai hatást: 1 kg thermit körülbelül 1—2 másodperc alatt ég el, mihelyt nagyobb tömeget, például 10 kg-ot gyújtottak meg a tégelyben. Ha nagyobb tömegek jutnak reakcióba, a melyekben nagyobb égő felületek hathatnak egymásra, 1 kg thermit elégeése még gyorsíttatik.

Föltéve, hogy 10 kg elégeésekor egy másodperc alatt csak 300 kaloria fejlődik, úgy ez, ha a hő mechanikai egyenértékét 425 mkg-nak vesszük, 127500 mkg munkának, vagyis 1700 lóerő-másodpercznek, vagy 1149·5 kilowatt-másodpercznek felel meg; ez pedig körülbelül 30000 ampères és 40 voltos ívlámpa másodperczenkénti hatásával ér fel. Am ha az edényben 100 kg thermitet gyújtunk meg, a mely körülbelül 15 másodperc alatt ég el, másodperczenként 3000 kaloria fejlődik, a mi körülbelül 300000 ampères és 40 voltos ívlámpának felel meg. Ebből is kitűnik, hogy a thermit elégeésekor a hőfejlődés sokkal erősebb, illetőleg koncentráltabb, mint az elektromos ívlámpával hevített kemenczében. Hiszen az elektromos kemenczében levő, megolvasztandó anyagnak az idő egységében gyakorlatilag nem is juttathatunk akkora áramot, illetőleg hőmennyiséget, abban az alig néhány köb-

centiméternyi térben, mint a mennyi a thermit elégeésekor hatásossá válik. Hogy a thermitből keletkező olvadó anyag magasabb hőfokú, mint az, a mely az elektromos kemenczéből kikerül, erről szemünkkel is meggyőződhetünk. A ki valamely nagy karbid-kemencze olvasztott érczét megfigyelte, az aluminothermikus hatással való összehasonlítás után legott észreveszi, hogy az utóbbinak hőfoka a nagyobb. Gintl írja »a kristályos agyagnak elektromos kemenczében való előállításáról« szülő dolgozatában, hogy az az agyag, melyet 1000 ampères és 100 voltos áramnak tett ki, »szívósan folyó olvadékot« adott; az ilyen anyagban még sok a kovasav, tehát mint tisztátalan könnyebben olvad is meg annál a kovasavtól mentes, csak kevés vasoxidult tartalmazó agyagnál, a mely a thermit elégeésekor keletkezik. Ez utóbbi csekély mennyiség alkalmazásakor is teljesen higan folyó, úgy hogy gyors munka közben könnyen s úgyszólván teljesen kiöntethető a tégelyből.

Hogy néhány száz kilogramm nehezen olvasztható anyagot elektromos árammal tüzesen folyékonyra tegyünk, általában több száz lóerőre és több órára van szükség. Ugyanezt a sikert a thermit elégeése pár percz, esetleg néhány másodperc alatt éri el.

Fejezzük ki a thermit és az elektromos kemencze hatását köbczentiméterenként erg-ekben!

Már fentebb előadtuk, hogy 1 kg thermit elégeésekor egy másodperc alatt 300 kaloria válik szabaddá; a 10 kg thermit a reakció bevégeése után mintegy 3500 cm³ térfogatú. E szerint 15 másodperc elteltével 1 cm³-ben van

$$\frac{4500}{15 \times 350} = 0\cdot0857 \text{ kaloria, illetőleg}$$

36·42 mkg; minthogy 1 mkg = 98 100000 erg, azért másodperczenként 1 cm³-re 3572802000 erg jut.

Az elektromos kemenczében az energia-mennyiséget nem könnyű áttekinteni, minthogy a különböző berendezéseket és térfogati körülményeket kell figyelembe venni. Vegyünk szemügyre olyan kemenczét, a minőt Stassano az aczelkészítésre használt, a melyben az izzítás erős ívlámpával történik; e kemenczében az energia sűrűsége aránylag véve csekély, minthogy használható terének térfogata körülbelül 1 m^3 s az erőfogyasztás mintegy 500 lóerő. Az e kemenczében levő energiasűrűség a következőleg adódik ki: $500 \text{ lóerő} = 37500 \text{ mkg}$ másodpercenként 1000000 cm^3 -ben, tehát másodpercenként 1 cm^3 -ben $= 0.0375 \text{ mkg} = 367 \times 8750 \text{ erg}$.

Az arány tehát a thermit és az elektromos kemencze közt, ha 10 kg thermitet égetünk el, olyan, mint 1000 az 1-hez.

Végül hasonlítsuk össze az eléggő thermit 1 másodpercre eső hőmennyiségét azzal a hőmennyiséggel, melyet az 500 lóerővel dolgozó calciumkarbid-kemenczének juttatunk; vegyük ekkor számba a thermitnek nemcsak disponibilis, hanem összes keletkező kalóriáit. Az olvasztó zóna nagysága legyen 50 liter, minthogy a párisi Société des Carbures kemenczéi is 52.4 liter űrtartalmúak; ekkor 10 kg thermit 15 mpercz alatt, 3500 cm^3 térfogatú reakció-terméket véve fel, összesen $17278.8 \text{ kal.} = 7343490 \text{ mkg}$ -ot fejleszt, a melyből $4500 \text{ kal.} = 1912500 \text{ mkg}$ disponibilis. Az összes energia sűrűsége cm^3 -enként és másodpercenként $0.33 \text{ kal.} = 140.25 \text{ mkg} = 13758525000 \text{ erg}$; a disponibilis energia sűrűsége pedig $\left(\text{pro } \frac{\text{cm}^3}{\text{sec}} \right)$ $0.0857 \text{ kal.} = 36.4 \text{ mkg} = 357084000 \text{ erg}$.

Az 500 lóerővel elektromos kemenczében előállított karbid mennyisége másodpercenként 0.173 kg , az olvasztó öv térfogata 50000 cm^3 , $500 \text{ lóerő} = 37.5 \text{ mkg}$; az összes energia $0.75 \text{ mkg} = 73575000$

erg. Tehát a karbid-kemencze energia-sűrűségének viszonya a thermit összes hőmennyiségéhez olyan, mint 1 : 188-hoz és a disponibilis hőmennyiségéhez, mint 1 : 50 hez.

Lássuk ezek után az aluminothermia technikai értékesítését. Első helyen emeljük ki azoknak a tiszta, széntől mentes fémeknek és ötvényeknek előállítását, melyeket eddigelé elektromos kemenczében készíteni nem sikerült és a melyek épen tiszta és széntől mentes voltokkal a hámosoknak keresett ötvöző szert nyújtanak. A fémek és ötvözetek nagyban való előállítása (különösen a chrómé és mangáné) terjedelmes tégelyalakú edényekben történik, a melyekben több métermázsa fém egy művelet folyamán válik ki, a mi a reakció gyorsasága következtében alig kerül fél órába. Számolva az aluminium nagy ötvöző sajátosságával, rendszeren több oxidot vesznek a keverékhez, hogy a reakció folyamán az összes aluminium oxidáltassék és a fém az aluminiumtól mentesen állíttassék elő. A széntől mentes chróm már azért is fontos az aczéliparban, mert tisztaságával lehetővé teszi a chrómaczél fizikai tulajdonságainak tanulmányozását. Jelenleg sok aczélgyár használja a chrómot 5—8%-os chrómaczél gyártására, a melyből kemény műszerek, pánczélemek és ágyú-aczél készül. Eddig e czélra ferrochrómot használtak, a melynek széntartalma meglehetősen ingadozó lévén, a megbízható ötvözet készítését rendkívül megnehezítette. A tiszta chróm előállítása nagyon megkönnyítette e feladatot.

Az aluminothermiával készült mangánt a réz-, bronz- és nikkeliparban használják. Ez a mangán az eddigi kereskedésbeli, karbidtartalmú mangántól nagy tisztaságán kívül főleg abban különbözik, hogy vas és fém nincs benne, a levegőn nem esik szét, rendkívül könnyen ötvöződik és nagyon kevés vész

belőle kárba. Heræus a mangán olvadáspontját 1902-ben 1245^o-nak találta, tehát nem akkorának, mint eddig hitték, a legnehezebbnek olvasztható fémnek a mangánt tartván.

A ferrotitán és mangántitán, alumino-thermiával előállítva, lehetővé teszi, hogy a titán kényelmes úton kerüljön bele a vasba.

A mi a fémek aluminothermiai előállítását illeti, H. Goldschmidt úgy találta, hogy eddigelé vas, chróm, mangán, vörösréz, ón, ólom, nikkel, kobalt, niob és tantál készíthető ez úton; a vanadin, miként Hittorf kimutatta, V₂O alakjában válik ki és egészen fémkülsejű.

A feladat metallurgiai részével szoros kapcsolatban van az olvasztott alumini-umoxid előállítása, a mely mesterséges

korundnak, vagy smirgelnek vehető, mint-hogy összetétele lényegében egyezik ez ásványéval. E termék »corubin« néven kerül a forgalomba és keménysége, megcsiszoló ereje miatt máris többre becsülik a természetes korundnál.

Az aluminothermiai úton előállított vas és aczél mint hegesztő szer roppant fontosságú, minthogy a hegesztés a helyszinén csekély költséggel végezhető. Ebbe a csoportba tartozik az elektromos vasút síneinek összeforrasztása, csövek forrasztása, fogas kerekek törött fogainak kiigazítása és sok egyéb, a mi mint folyóiratunk körén kívül eső, a technikai és ipari világ keretébe illik bele. (H. Goldschmidt-nek a »Physikalische Zeitschrift« IV. évfolyama 5. és 6. füzetében megjelent közleménye nyomán.)

TERMÉSZETTUDOMÁNYI MOZGALMAK.

A fénynek új fajtájáról. R. Blondlot, francia fizikus, az elektromos kisütő csőből eredő sugarakat aluminium-lemezkével, vagy fekete papirosernyővel megsűrte, hogy rendes kíséreteket, a világító sugarakat kirekeszse. Mikor a megsűrte sugaraknak kicsiny elektromos szikrára való hatását tanulmányozta, észrevette, hogy már eredetöktől kezdve vonalasan polarizáltak. Később megállapította, hogy polarisatiójok síkja, ha geometriai főtengelyére merőlegesen metszett kvarclemezke vagy czukordarab jut az útjukba, épen úgy elfordul, mint valamely fénynyalábnak a polarisatiós síkja.

Ekkor Blondlot szerette volna tudni, hogy a polarisatió síkja elfordul-e akkor is, ha a kisütő cső sugarai Reusch-féle csillámoszlopon hatolnak át; és valóban 25^o—30^o elfordulást talált a polarizált fény elfordulásával megegyezően. A csillámoszlop illetén hatása azt a gondolatot ébresztette benne, hogy

egyetlenegy csillámlemezke is hatásosnak kell lennie, és hogy hatásának a depolarisatióban, vagy inkább az elliptikus polarisatió előidézésében kell nyilvánulnia. És valóban így is van a dolog; ha csillámlemez akként helyezett el, hogy tengelye a kisütő csőből áradó sugarak hatásának irányával 45^o-os szöget zárjon be, az egyenes vonalú polarisatió is megszűnt. Ha az első csillámlemezre egy második, azonos lemezkét akként helyezett, hogy a kettő tengelye egymásra merőleges, a sugarak, a lemezeken áthatolva, ismét egyenes polarisatiót adtak. Ugyanez elérhető a Babinet-féle compensator alkalmazásával is, tehát valóban elliptikus polarisatió forog szóban.

Már ha a csillám az egyenes vonalú polarisatiót elliptikussá alakítja át, nyilván kettős törésűnek is kell lennie az olyan sugarak számára, melyeket ekként módosít; ha pedig kettős törés van, kell lenni egyszerű törésnek is. Ez a megfon-

tolás annak a megvizsgálására bírta rá B l o n d l o t - o t , hogy a prizma nem törí-e meg az x-sugarakat. Ekkor a következő kísérletet tette: A kisütő csőből az alumíniumernyőn át fénynyaláb hatol keresztül, melyet 3 mm vastagságú ólomlemezbe vágott két egykőzű, merőleges rés határol. A kis szikra a sugárnyalábtól oldalvást olyan távolságban áll, hogy a sugárzásnak a féllárnyéka nem éri, a miről akként győződünk meg, hogy ólomlemez közbeiktatása a szikrát nem csökkenti. Ekkor egyenlő oldalú kvarczhasábot akként helyezett a sugarak útjába, hogy törő éle a szikrától el legyen fordítva. Ha e prizma megfelelően van elhelyezve, a szikra sokkal fényesebbé válik, ellenben fényében apad, ha a prizmát elveszik. E tünetény nyilván a sugaraknak a prizmán való törésétől ered, mert ha a prizmát másként helyezik el, vagy pedig sík-párvonalú (planparallel) kvarczlemezrel helyettesítik, a hatás elmarad. A kísérlet még akként is berendezhető, hogy a sugárnyaláb egyenesen a kis elektromos szikrára essék, ezután prizmával útjából eltérítik, és ha a sugárnyalábot a szikra oldalra helyezésével ismét keresik, úgy találják, hogy a nyaláb a prizma vastagabb vége felé tér el.

A törés kimutatása után B l o n d l o t megkísérelte a sugaraknak kvarczlencsével való összegyűjtését. A kísérlet igen könnyen sikerül; az anti-kathód képét, a mely nagyságra és távolságra rendkívül pontosan meghatározható, a kis szikra felvillanásával meg lehet keresni.

A sugártörés főnforgása azután nagyon valószínűvé tette a sugarak szabályos visszaverődését; a mi valóban így is van. B l o n d l o t kvarczlencsével, vagy igen vékony szarúból készült és terpentín-esszenciával töltött lencsével az antikathódnak egyik társ-gyújtópontját állította elő. Erre csiszolt üveglemezt ferdén helyezett a sugárnyaládba, mikor is egy

másik gyújtópontot kapott, a mely az elsőhöz képest az üveglemezre vonatkozólag egészen szimmetriás volt. Homályos üveglemezzel nem rendes, hanem szétszórt visszaverődés állítható elő. Ha az üveglemez egyik felét homályossá teszszük, ez a fél visszatartja a sugárzást, a csiszolt fele azonban nem.

A prizmán való sugártörést illető kísérletek lencsével sokkal pontosabban végezhetőek, és a tiszta színek elérésére a N e w t o n - f é l e berendezés használható.

Az előadottakból következik, hogy a B l o n d l o t tanulmányozta sugarak nem Röntgen-sugarak, minthogy az utóbbiak sem nem töretnek, sem vissza nem verődnek. E szerint a kis elektromos szikra a kisütő csőből áradó új sugárfajta jelenlétét árulja el; e sugarak áthaladnak az alumíniumon, fekete papiroson, fán stb; már keletkezésüktől kezdve egyenesvonalúan polarizáltak, és polarisatiójok síkjá elfordul; megtöretnek, visszaveretnek és szétszóratnak; ámde se nem fluoreszkálnak, se fotografailag nem hatásosak.

B l o n d l o t azt hiszi, hogy ezek közt néhány olyan sugarat talált, a melyeknek törésmutatója közel 2; valószínű azonban, hogy teljes spektrumot is adnak.

Ha az inductiók tekercset ellátó áram erejét csökkentjük, az új sugarakat akkor is kapjuk, ha a kisütő csőben többé foszforeszczenzia nincs, és a cső a sötétben teljesen láthatatlan; csakhogy ilyenkor a sugarak gyengébbek. Előállíthatók e sugarak néhány milliméter hosszú szikrát adó elektromozó géppel is.

B l o n d l o t még nem olyan régen polarizáló tulajdonságot tulajdonított a R ö n t g e n - sugaraknak, e kísérletekből azonban meggyőződött, hogy ez a sajátosság az új sugarakat illeti. (Phys. Zeitschr., IV. évf., 22. sz.)

Fémen, fán stb. áthatoló sugarak az Auer-lángban. B l o n d l o t megállapította, hogy a kisütő csőből áradó

elektromos sugarak közt vannak olyanok, melyek törésmutatója a kvarcra közel 2; továbbá ismeretes, hogy a sylvin (KCl) maradék-sugaira, melyeket Rubens fedezett föl, a kvarc törésmutatója 2·18. A két törésmutató értékének ennyire egyező volta azt a gondolatot keltette Blondlot-ban, hogy az a sugárzás, melyet a kisütő cső emissziójában tapasztalt, nagyon közel áll a Rubens-féle sugarakhoz, és hogy e sugaraknak bizonyára elő kell fordulniuk az Auer-fényben is, a mely tudvalevőleg Rubens-sugarakat áraszt. Blondlot e végből következő kísérletet végzett: Auer-égit minden oldalról zárt vaspléh lámpásba helyezett, a melyben csak az égő gázok elvonulására és a levegő bejutására volt nyílás és a melyből fény el nem tűnhetett. A 4 cm széles, 6·5 cm magas négyszögletes ablakot, mely a világító harisnya magasságában állott, körülbelül 0·1 mm vastag alumíniumlemez borítja. Az Auer-égit hengere vaspléh; a hengerben a világító harisnyával átellenben 2 mm széles és 3·5 cm magas rés van, úgy hogy a rajta átözönlő sugarak egyenesen az alumíniumablakra esnek. A lámpáson kívül az alumíniumablak előtt kétszer domború kvarcslencse van, a melynek gyújtópont-távolsága 12 cm. E mögött van a kis szikra, a melyről az előbbi közleményben volt szó. A szikra szerfölött gyenge inductió s tekercestől származik, a melyet igen szabályosan működő megszakítóval kell ellátni.

Mikor a távolság (p) a lencse és a rés közt 26·5 cm volt, a kis szikrával $p' = 13·9$ cm távolságban igen éles gyújtópontot lehetett meghatározni. E gyújtópontban a szikra sokkal ragyogóbb, mint a közelében köröskörül fekvő pontokban. E pont távolsága a lencsetől 3 vagy 4 mm-nyi pontossággal meghatározható. Mikor 4 mm vastag ólom- vagy üveglemezt tettek közbe, a szikrát illető

hatás megszűnt. A p távolság változásával a p' számára is más érték adódott elő. Ha ez értékeket a lencse képletébe helyettesítették, törésmutatóul 2·93-ot kaptak, mint az e kísérletben elérhető pontosság középértékét. Egy másik kvarcslencsével végzett kísérletek 2·942-ot adtak eredményül, de a lencse gyújtóponti távolsága a sárga fényre 33 cm volt.

E kísérletek további folyamában Blondlot más háromféle sugarat állapított meg, a melyekre a kvarc törésmutatója egymásután 2·62, 2·436 és 2·29. Minthogy törésmutatók 2-nél nagyobbak, ebben a következő jelenség találja magyarázatát: ha a lencséből érkező sugarak útjába 30°-os törőszögű kvarcchasabot akként helyezünk el, hogy a sugarak az egyik törőfelületre merőlegesen essenek, tört sugárnyalábot nem kapunk.

Az Auer-égitől áradó és az alumíniumlemezen áthatoló sugarakat a homályos fényű üveglemez szétszórja, a csiszolt lemez pedig a visszaverődés törvénye értelmében visszaveri.

E sugarak, az egy kőst kivéve, áthatolnak az összes anyagokon, melyeknek átlátszóságát Blondlot vizsgálta, ha 3 mm-nél vékonyabbak; áthatolnak az ólmon, ha 0·2 mm-nél, a platinán, ha 0·4 mm-nél vékonyabb, áthatolnak a vizen is. Egy darab szivarkapapiros, a mely száraz állapotban teljesen átlátszó, teljesen átlátszatlaná válik, ha vízzel megnedvesítik.

A szóban forgó sugarakat átbocsátó testek közt ott van az ón, a réz és sárgaréz 0·2 mm vastag lemezekben, a 0·4 mm vastag alumínium, 0·05 mm vastag aczéllemez, 0·1 mm-es ezüstlemez, 21 darab aranylemez (füstöt) tartalmazó fűzetke, 0·1 mm-nyi üveglemez, 0·15 mm-nyi csillámpala, 4 mm-nyi izlandi kettőspát, 1 cm-nyi paraffinlemez, 1 cm-nyi bükkdeszka, 1 mm-nyi fekete kaucsuklemez stb. A fluorpát 5 mm vastag lemezekben

kevésbé bocsátja át a sugarakat, a kén átterszi, ha 2 mm-nél és az üveg, ha 1 mm-nél vékonyabb. Blondlot ez eredményeket csak megközelítőknak és nem véglegeseknek tekinti. (Phys. Zeitschr., IV. évf., 22. sz.)

A fémeken stb. áthatoló sugarak új forrásáról és e sugarak új hatásáról. Blondlot az előbb leirt sugarak megállapítása után vizsgálni kezdte, vajjon e sugarak az Auer-fényen kívül más fény- és hőforrásban is előfordulnak-e. Úgy tapasztalta, hogy a gyűrűalakú gázégő lángja is lövel ki ilyen sugarakat. Tanácsos a lámpaüveget a fényelnyelés kikerülése végett levenni. A Bunsen-égő nem árasztja e sugarakat kimutathatóan; vas- vagy ezüstlemezek, melyeket a mögéjük helyezett Bunsen-égő lángja a vörös izzásig fölhevít, majdnem annyi sugarat árasztanak, mint az Auer-égő.

Csiszolt ezüst lemezt Blondlot akként helyezett el, hogy a vízszintessel 45°-os szöget zárt be. Ha e lemezt a Bunsen-égővel a vörös izzásig fölhevítette, a lemez felső felszíne az Auer-égő árasztotta sugarakkal egyező sugarakat lövelt ki. Miután e sugarak vízszintes nyalábja két darab, összesen 0,3 mm vastag alumíniumlemezen vagy fekete papíroslapokon áthatolt, kvarcslencsével összegyűjtötték, mikor is kis elektromos szikrával négy gyújtópontot mutathattak ki. Blondlot még megállapította, hogy a szikrát érő hatás sokkal nagyobb volt, ha az emisszió síkjában, mint reá merőlegesen érvényesült; nyilvánvaló tehát, hogy a csiszolt lemez árasztotta sugarak épen úgy polarizáltak, mint az ugyanakkor kilövelt fény- és hősugarak. Ha az ezüstlemez korommal bevonták, a fénykibocsátás ereje növekedett, de a polárosság megszűnt.

E vizsgálatokból kiderül, hogy az olyan sugarak, melyek fémeken, fán stb. áthatolnak, nagyon közönségesek, minthogy a közönséges fény- és hőforrások sugár-

zásában is előfordulnak. Rövidség kedvéért Blondlot Nancy városáról, melyben kísérleteit tette, *N*-sugaraknak nevezi őket. Ez *N*-sugarakban igen sokféle sugár van; ugyanis az Auer-égőből áradó sugarak törésmutatója nagyobb 2-nél, a Crookes féle csőből áradó némely sugaraké pedig 1,52-nél kisebb.

Eddigelé a kis elektromos szikra volt az egyetlen eszköz az *N*-sugarak kimutatására. Blondlot fölvetette a kérdést, vajjon az elektromos szikrát elektromos jelenségnek, vagy pedig kicsiny gáztömegek világításának tekintse-e. Ha az utóbbi föltevés helyes, nyilvánvaló, hogy az elektromos szikra valamely lánggal is helyettesíthető. Blondlot igen finom nyílású cső végén igen kicsiny, egészen kék lángot állított elő, melylyel szintén megállapíthatta az *N*-sugarak jelenlétét; ugyanis ha a lángot az *N*-sugarak érik, jóval erősebben és fehérebb színben világít. Ezzel a fokozódó és csökkenő világitással a kvarcslencsén áthaladó sugarakban négy gyújtópont mutatható ki. E négy gyújtópont azonos azokkal, a melyek elektromos szikrával állapíthatók meg. Így hát a kis láng épen úgy viselkedik az *N*-sugarak iránt, mint az elektromos szikra, csak hogy a sugarak polárosságát kis lánggal nem lehet kimutatni.

A világító test hatása valamely lángra bizonyára nagyon általános tulajdonság; hogy eddig nem vették észre, nyilván az az oka, hogy a fényforrás fénye meggátolta a hatást érző láng erősségbeli ingadozásának észrevételét.

Blondlot újabban az *N*-sugaraknak másik hatását is észrevette. E sugarak nem bírnak foszforeszkálást gerjeszteni az ismert foszforeszkáló testekben; ámde ha valamely testre, melyet közönséges fény foszforeszkálóvá tett, *N*-sugarak érkeznak, a foszforeszkálása jelentékenyen nagyobbodik, különösen akkor, ha a foszforeszkáló testet a kvarcslencse gyújtópontjába

helyezik. Az *N*-sugarak összes hatásai közül a most leirt mutatható ki a legkönnyebben; e hatás hasonló ahhoz, melyet az *E. Becquerel* fölfedezte vörös és vörösentúli sugarakon tapasztalni; de hasonló a hősugaraknak a foszforeszcenciára való hatásával is.

Az *N*-sugarak rokonsága a nagy hullámhosszú sugarakkal kétségtelennek látszik; de az is bizonyos, hogy a fémeken való áthatolhatóságuk megkülönbözteti őket az eddig ismert összes sugaraktól. (*Phys. Zeitschr.*, IV. évf. 22. sz.)

A fémeken, fán stb. áthatoló sugarak előfordulása a Nap sugaraiban. *Blondlot* annak kimutatására, vannak-e *N*-sugarak a napsugarakban is, a következő kísérletet végezte: Teljesen zárt és sötét szobának egyik ablaka a napsugaraknak volt kitéve, s az ablakot 15 mm vastag tölgyfatáblával lehetett elzárni. A szobában, a táblától körülbelül 1 méternyire, foszforeszkáló anyagot tartalmazó vékonyfalú üvegcső volt, melyre már előbb gyenge sugár esett. Ha most az ablak és az üvegcső közt, az utóbbitól tetszésszerű távolságban, a sugarak útjába vékony ólomlemez, vagy csak a kezét helyezte oda, az üvegcső foszforeszkálása legottan csökkent, ellenben újra növekedett, ha az akadályt elvették. E kísérletben csupán arra kell ügyelni, hogy a foszforeszkáló testet előzetesen csak kevés ideig érje a fény, hogy foszforeszcenciája kezdettől fogva ne legyen túlságosan erős; célszerű huzamosb ideig fekete papiroslapot akként helyezni el, hogy a fémernyő közbeillesztése ne módosítson azon az alapon, melyen az üvegcsövet vizsgálják. A világítás erősségbeli ingadozásai nagyon könnyen fölismerhetők a sötét háttéren levő világító folt körvonalain; ugyanis ha az *N*-sugarak fényét ernyő beillesztésével csökkentik, a körvonalak is veszítenek erősségök-

ből, ha pedig az ernyőt eltávolítják, ismét nyernek erejökben. Úgy látszik azonban, hogy ez a változás nem következik be pillanat alatt. Ha az ablaktábla és az üvegcső közé 3 cm vastag tölgyfadesztkát, több alumínium-, vagy papiroslemezt iktatunk, a jelenség meg nem szűnik, a mi arra vall, hogy e tűnemény nem a sugárzó hőn alapszik. Vékony vízréteg teljesen felfogja az *N*-sugarakat és a Nap előtt elvonuló könnyű felhő is jelentékenyen csökkenti hatásukat.

A Naphól érkező *N*-sugarak kvarc-lencsével összegyűjthetők; foszforeszkáló anyag segítségével több gyújtópontot lehet megállapítani. A Nap *N*-sugarait a csiszolt üveglemez szabályosan visszaveri, a homályos fényű üveglemez pedig mindenfelé szétszórja.

Valamint a Crookes-csőből, vagy a lángból, avagy a valamely világító testből áradó sugarak, úgy a Naphól érkező sugarak is akként hatnak az elektromos szikrára vagy valamely kis lángra, hogy a fényét növelik. E tűnemény könnyen megfigyelhető, ha homályos fényű üveglemezt a leirt módon alkalmaznak. A kis láng a legalkalmasabb és a legkényelmesebb a gyújtópont meghatározására.

Le Bon hét évvel ezelőtt kimutatta, hogy a lángok a radioactív emanation kívül még igen nagy hullámhosszúságú sugarakat is sugároznak ki, a melyek fémeken, fán stb. áthatolnak. *Le Bone* sugarakat »fekete fény«-nek nevezte,* de hullámhosszukat pontosan meg nem mérte és fotografiával való kimutatásuk is nagyon bizonytalan volt. *Blondlot* úgy tapasztalta, hogy az *N*-sugaraknak nincs fotografiai hatásuk, tehát a »fekete fény«-től különböznek. (*Phys. Zeitschr.*, IV. évf. 22. sz.)

* »Természettudományi Közlöny« 1900. évf., 505—507. l.