

PÓTFÜZETEK  
A  
TERMÉSZETTUDOMÁNYI  
KÖZLÖNYHÖZ.

KIADJA

A K. M. TERMÉSZETTUDOMÁNYI TÁRSULAT.

MEGINDÍTOTTA SZILY KÁLMÁN.

WARTHA VINCZE

KÖZREMŰKÖDÉSÉVEL SZERKESZTETTE

CISOPEY LÁSZLÓ ÉS PASZLAVSZKY JÓZSEF.

LXXVII—LXXX. PÓTFÜZET.

77 RAJZZAL.

AZ 1905. ÉVI, XXXVII. KÖTETHEZ.

BUDAPEST.

KIR. MAGY. TERMÉSZETTUDOMÁNYI TÁRSULAT.

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

1905.



A Pesti Lloyd-társulat könyvsajtója.

# TARTALOMJEGYZÉK.

## NAGYOBB CZIKKEK.

- BOZÓKY ENDRE. Az elektromos sugárzásokról (21 ábrával) 81.
- CSEMEZ JÓZSEF. A gravitáció és kohézió okáról 32.  
— Az anyag szétszóródása (4 ábrával) 166.
- CSOPEY LÁSZLÓ. A tenger és róla való ismeretünk (Báró Richthofen F.-nak a berlini egyetemen 1904. évi augusztus 3-ikán tartott rektori beszédéből) 124.  
— Az úszás élettanából 134.
- FRANCÉ REZSŐ. Az »állati lélek« (24 ábrával) 49.
- H. GABNAY FERENCZ. Afrika emlős állatvilágának származásáról 180.
- KOCH ANTAL. A Kárpátok szerkezete és alakulása 114.
- PREISZ HUGÓ. Az ultramikroszkóp és látó eszközeink korlátolt működésének okai (Az 1905. évi januárius 18-iki egyetemes szakülésen tartott előadás. (7 ábrával) 1.
- PRINZ GYULA. A klíma története (térképpel és 3 ábrával) 145.
- WITTMANN FERENCZ. Akusztikai kísérletek (14 ábrával) 19.

## KISEBB CZIKKEK.

- Csopey László, ifj. Csopey László, H. Gabnay Ferencz, Hegyfokya Kabos, Jávorka Sándor, Schilberszky Károly és Szekeres Kálmán-tól.

## TÁRGYJEGYZÉK.

**I. Az állattan köréből:** Az állati lélek (24 ábrával) 49. — Afrika emlős állatvilágának származásáról 180.

**II. A chemia, ásvány- és földtan köréből:** Az allotrop ezüst színe 47. — A tenger és róla való ismeretünk 124. — Az atom abszolút súlya 190.

**III. Az élettan köréből:** Az úszás élettanából 134. — A gyomor két részének függetlensége 186. — Az emésztés élettanához 190.

**IV. A fizika köréből:** Az ultramikroszkóp és látó eszközeink korlátolt működésének okai (7 ábrával) 1. — Akusztikai kísérletek (14 ábrával) 19. — A gravitáció és kohézió okáról 32. — Kapcsolat Izland és Európa időjárása között tél idején 38. — A Vénus keringésidejéről 45. — Az elektromos sugárzásokról (21 ábrával) 83.

**V. A növénytan köréből:** Az égerfa gyökércsomóiról (ábrával) 41.\* — A liztharmatgombák parazitismusáról 43. — A növények oltásának morfológiai és fiziológiai viszonyai 46. — A gombák élősködésének eredete 142. — Saját-szerű gombarendellenességek 143. — Parthenogenesis a Gnetum Ula Brog. növény életében 144. — A telefonálás határának tágitása (2 ábrával) 139. — A szelén elektromos vezetése és a fény 144. — A klíma története (térképpel és 3 ábrával) 145. — Az anyag szétszóródása (4 ábrával) 166. — A rádium élettartama 189. — A Taraxacum parthenogenetikus növény 186. — A sejtek kétmagúsága 188. — Kávémag koffein nélkül 191. — A magvak ellenállása a nagy hideg iránt 192.

---

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

---

Megjelenik évenként négy füzetben, három nagy nyolczadrét ivnyi tartalommal; időnként szövegközi ábrákkal illusztrálva.

# PÓTFÜZETEK

## A TERMÉSZETTUDOMÁNYI KÖZLÖNYHÖZ.

ÉV NEGYEDES FOLYÓIRAT.

E folyóiratot a társulat tagjai évi 2 K. ráfizetéssel kapják; előfizetési ára, a Természettud. Közlöny-nyel együtt, 12 K.

XXXVII. KÖTETHEZ.

1905. FEBRUÁRIUS

1. (LXXVII.) PÓTFÜZET.

### Az ultramikroszkóp és látó eszközeink korlátolt működésének okai.

— Az 1905. évi januárius 18-iki egyetemes szakülésen tartott előadás. —

A természettudományok vizsgálati eszközei között alig van még olyan műszer, a melynek tökéletesbülésétől többet, vagy legalább annyit várhatnánk, mint a mikroszkópétól. Minden fokozása a mikroszkóp nagyító erejének nemcsak mélyebb bepillantást enged a makroszkópi lények finomabb szerkezetébe, hanem egészen új, addig legfelebb csak sejtett apró lények világát tárja fel a vizsgáló szem előtt. Jelenleg a mikroszkóp nagyító erejének fokozása annál inkább érdeket keltő, minthogy eddigi működő erejében bizonyos irányokban ki van merítve. Kétségtelenül tudjuk pl., hogy bizonyos betegségek okozói apró lények, melyek durvább szűrőn áthatolnak, sűrű szűrőn pedig fennakadnak, melyeket azonban meglátnunk még nem sikerült. Hogy az utóbbi 25 év alatt a fertőző betegségek terén tett fényes és nagyjelentőségű fölfedezések után vesztelés állott be, az nagyrészt a mikroszkóp meghatározó képességének elégtelenségére vezetendő vissza.

Ily körülmények között figyelemreméltó a mikroszkópnak oly fölszereléssel és olyan módon való alkalmazása, a mely lehetővé teszi meglátnunk az oly testecskéket, a melyek a közönséges mikroszkóppal láthatóknál aránytalanul kisebbek. Ez új mikroszkóp-rendszer a Siedentopf és Zsigmondy szerkesztette úgynevezett ultramikroszkóp.

Mielőtt ennek ismertetéséhez fognék, röviden szólni fogok, mind a szabad szemmel, mint a mikroszkóppal való láthatás határaitól és okaikról, még pedig annál inkább, mivel a mikroszkópi látás véges volta az ultramikroszkópon is érvényesül.

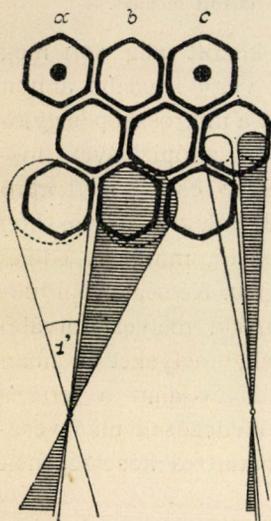
Hogy szemünket épen csak kicsiny tárgyak megláthatása céljából kell műszerekkel megtoldanunk, oka egyszerűen a szem anatómiai szerkezetében rejlik, a mely lehetetlenné teszi, hogy bizonyos kicsinységen túl tárgyakat egymástól megkülönböztessünk.

A szabad szemmel való megkülönböztetésnek határát megszbaják azok a csapalakú képletek, melyek a szem ideghártyájának (retina) külső



felszínén, nevezetesen szemfenéki és legélesebben látó középponti gödrében oszlopok, vagy kövezet módjára sűrűn helyezkednek el egymás mellett.

Azt a külvilági tárgyat, melynek a szem fenekére (1. ábra) eső képe annyira kicsiny, hogy a retinának csakis egy, vagy két szomszéd csapjára esik, a szem csak egyszerű fénypontnak látja, a melyben részeket, vagy alakot megkülönböztetni nem bír, mivel a csap a fényt csak felfogni, de elemezni már nem tudja; arra pedig, hogy a szem a meglátott tárgyon alakot, fényt, árnyékot, különböző színeket észlelhessen, okvetetlenül szükséges, hogy a tárgynak a szem fenekére eső képe több csapot érjen; ekkor a különböző csapokat mennyilegesen és minőlegesen más és más fénysugarak, azaz más-más ingerek érik s ezzel lehetséges, hogy az agy-



1. ábra. Szemfenéki részlet hat csapocskával.

velőnek látásközéppontja a tárgyat alakja, színei és megvilágíthatósági fokozatai szerint fölismerje. Egy és ugyanaz a tárgy annál nagyobb és annál tisztább képet vet a retinára, minél közelebb van a szemhez (egy bizonyos határig), tehát minél nagyobb a látásszög.

Ha a szem elé két világító pontot tartunk, melyeket még jól megkülönböztethet, ezután a két pontot mindinkább egymáshoz közelítjük, elérkezünk egy határhoz, a melyen túl a szem a két pontot megkülönböztetni már nem bírja, mert a kettő egybeolvadni látszik. Megállapították, hogy ez egybeolvadás akkor kezd bekövetkezni, mikor a látás szöge, tehát az, melyet a két ponttól húzott egyenes a szemlencse csomópontjában alkot, egy percnyi ( $=1'$ ). Minthogy a szem fenekén egy  $1'$ -nyi szögnek éppen egy csapnak az átmérője

(körülbelül  $4\mu^*$ ) felel meg, ennél fogva mondhatjuk, hogy a szabad szem két pontot csak az esetben láthat még különállónak, mikor a két pont képét a retinán egymástól legalább is egy csapnyi terület (mintegy  $4\mu$ ) választja el; más szóval, a szabad szem csak oly távolságokat, jobban mondva tárgyközöket tud még fölismerni, melyeknek képe a retinán nagyobb egy csap átmérőjénél.

Ha az 1. ábrán feltüntetett szemfenéki kép a két fekete pont egymáshoz való közeledésére úgy módosul, hogy pl. az  $a$ -beli pont  $b$ -re esik, akkor a szem már nem két pontot, hanem rövidke vonalat fog látni.

Mekkora tehát a valóságban az a távolság, a melyet a szem még

\*  $1\mu$  (mikron) =  $0.001$  mm.

meg bír látni? Minthogy a tárgy annyiszor nagyobb a retinán levő képnél, a hányszor távolabb van a szem csomópontjától, ennél fogva kiszámítható, hogy a lehető legközelebből, tehát 8—10 cm-nyiről nézve, az egy csapra eső képnek megfelelő tárgy átmérője körülbelül 20—24  $\mu$ -nak felel meg (a szem csomópontja és a retina közti távolságot kerek számban 15 mm-nek vehetjük).

A mondott kis távolságból tapasztalás szerint a szem 23  $\mu$  (=0.023 mm) hosszúságú közt valóban még ki tud betűzni. Ez annyit jelent, hogy, ha egy milliméternyi hosszúságban körülbelül 20 pontot irunk és közöttük pontnagyságú közöket hagyunk, akkor a szem az egyes pontok között levő közt még meg tudja különböztetni; de, ha annál sűrűbben állnának a pontok, a szem már nem pontokat, hanem vonalat látna. Még jobban megvilágítható ez igazság, ha pl. valamely sárga és kék színű szilárd anyagot darabokká törötten egymással keverünk; ha az egyes színes darabokról a retinára eső kép akkora, vagy nagyobb mint egy látó csapnak a felülete, a szem az eltérő színű darabokat fel fogja ismerhetni; ellenkező esetben pedig ugyanegy csapra a sárga meg a kék testről is esik a kép, a szem a két szín vegyülékét, azaz zöldet fog látni (1. ábra).

A mondott minimum azonban csak a legjobb és legélesebb látású szemre vonatkozik; nálánál még csak az erősen közellátó fiatal szem van kedvezőbb helyzetben, még pedig azért, mert szemfenekének mélyebb voltánál fogva a tárgyat a szemhez jobban közelítheti és ezzel a látás szögét még növelheti. Ilyen szem esetleg még 16  $\mu$ -nyi közöket is észlelhet.

Természetes, hogy a szokásos (25 cm-nyi) látástávolságra nézve, minthogy a távolság és a látás szöge fordítottan arányos, az a még észlelhető minimális távolság mintegy háromszor nagyobb, tehát körülbelül 70  $\mu$ -nak veendő.

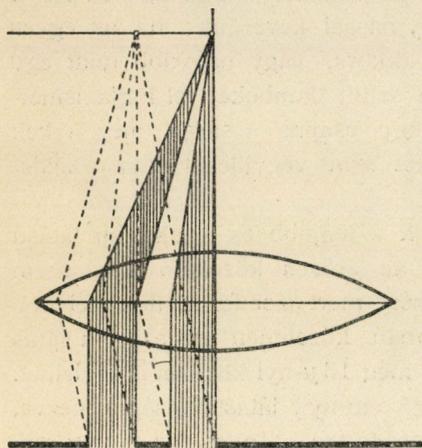
Mennyire érdekes volna tudni, hogy az emberi szem látó erejének határát megjelölő méretek hogyan viszonylanak a mindenség legnagyobb és legparányibb részeihez, s vajjon melyekhez állanak közelebb. Sajnos, hogy e téren még a sejtésnek sem, hanem csak a képzelődésnek lehet helye.

Kétségtelen, hogy a szabad szemmel való látás határain túl egy végtelen perspektívájú világ van még, a melyről valamikor csak sejtélemmel bírtak, de a melynek mai nap már nem kis részét ismerjük: és ez némileg azzal a reménnyel tölthet el, hogy majdan sikerül feltárni oly látnivalókat, a melyeket ez idő szerint csak sejtünk, vagy még nem is sejtünk.

A szemnek az imént vázolt megoldó vagy distingváló erejétől meg kell különböztetni egyszerű fényérző erejét, a melynek egészen más határai vannak. Nyilvánvaló ugyanis, hogy a szem az egy látó csap területénél apróbb képeket is fel tudja fogni, ha eléggé meg vannak világítva,

és ez irányban a szemnek látó ereje annál messzebb terjed, minél élesebb a fény, a mely a tárgyról a szembe hatol, a miről későbbben, az ultramikroszkóp bemutatása rendén, még szólni fogok.

A mit a szabad szemmel már fel nem fogható apró tárgyakról, vagy finom szerkezetekről tudunk, azt a mikroszkópnak köszönhetjük, a mely, legegyszerűbben kifejezve, nem egyéb, mint a tárgyat két ízben nagyító műszer. Az első nagyítást a tárgylencserendszer végzi, a mely elé a vizsgálandó tárgyat teszszük, úgy hogy a tárgy nagyított képe a lencserendszer mögött bizonyos távolságnyra megjelenik; a másik nagyítást adja a szemlencse, a mely akként van elhelyezve, hogy az előbbi kép a szemlencse fókuszán belül esik; ennélfogva a szemlencse a képet nagyított alakban és a tárgy irányában fogja mutatni körülbelül a rendes látás távolságában, azaz 25 cm-nyire a szem előtt.



2. ábra. A fényelhajlás következtében a lencse mögött keletkező interferenciális kép vázlatos feltüntetése.

Az optikai ismeretekkel lépést tartó technikának köszönhetjük, hogy ez idő szerint oly tökéletes mikroszkópok készülnek, melyekben a lencsék gömbi és színbeli eltérése majdnem teljesen ki van küszöbölve, s a melyek 1000—1500-szoros nagyításon finom szerkezeteket még kitűnően analizálnak. Az  $1.5\text{--}2.0\ \mu$  vastag mikroorganizmusokban még meg lehet különböztetni a finomabb alkotó részeket, szemecskéket, választó falakat, csillangókat, a melyek a mikroorganizmus testénél többszörte vékonyabbak.

A b b e és H e l m h o l t z vizsgálataiból tudjuk, hogy a mikroszkóppal való látásnak is megvannak a maga határai, a melyek okait ismerni nem érdek nélkül való és a melyekre annál inkább ki kell terjeszkednem, mivel egyúttal az ultramikroszkópi látás korlátoltságának is az okai.

A mikroszkóp berendezése természeténél fogva (tükörről az optikai tengely irányában érkező) fény áthatol a vizsgálandó tárgyon és ebből halad tovább a tárgylencsébe; kísérletileg megállapított igazság, hogy finom réseken vagy különmemű anyagból álló, azaz bizonyos szerkezetű tárgyon áteső fénysugarak egy része bizonyos szöglet alatt elhajlik az optikai tengelytől és a tárgylencsén áthaladván, interferenciális spektrumot ad, a mely az optikai tengelyben áthaladó sugarak egyesülése pontjával teljesen össze nem, hanem melléje esik (2. ábra).

Aránylag egyszerűen ki lehet mutatni az A b b e-féle diffractiós,

azaz finom résektől áttört fémlennel, hogy, ha az elhajlásbeli sugarak nem jutnak a szemünkbe, a mikroszkóp alatt beállított tárgyon szerkezetet, strukturát nem látunk. Minthogy az elhajlásbeli sugarak a rajz tanúsága szerint a tárgylencse előtt is és mögötte is az optikai tengelyben haladó sugarakon kívül haladnak, ennél fogva a mikroszkóp belsejében alkalmazott szűk réssel elérhetjük azt, hogy az optikai tengelyben haladó sugarak a szemünkbe jussanak, az elhajlásbeli fénynyalábok ellenben szemünktől távol tartassanak. Ilyenkor tapasztaljuk, hogy a látás tere ugyan világos (a tárgyon áthatoló, tengelyirányú sugaraktól), de a tárgy szerkezetéből mi sem látszik; de látszik akkor, ha a fényszűkítő rést a mikroszkóp csövéből eltávolítjuk.

Kísérletileg be van igazolva az is, hogy minél szűkebbek a rések, azaz minél közelebb vannak egymáshoz a vizsgálandó tárgy egyes alak-elemei, minél finomabbak az egyes alakelemek közötti közök, a melyeken a fénynyalábok keresztültörnek: annál nagyobb fokban hajlanak el a fénynyalábok és ebben rejlik a mikroszkóp analizáló erejének véges volta; mert egy bizonyos finomságú tárgyban az egyes alakelemek már oly közel lehetnek egymáshoz, hogy a közülök elötörő és erősen a periféria felé elhajló fény sugarak már be sem juthatnak a tárgylencsébe, s ennél fogva egy bizonyos határon túl a szerkezet finomsága már meg sem látható.

Hogy mekkorák azok a közök, azaz distantiák, a melyek mai mikroszkópjainkkal még észlelhetők, azt egyenlettel magyarázhatjuk a legegyszerűbben.\*

Az elhajlás szöge annál nagyobb, minél hosszabb hullámú a fény, a mi annyit jelent, hogy a vörös fény sugarak (melyek hullámhossza  $759 \mu\mu^{**}$ ) erősebben hajlanak el, mint a violaszínűek (melyek hullámhossza  $397 \mu\mu$ ); továbbá az elhajlás szöge annál nagyobb, minél kisebb méretű a rés, melyen a fény áthatol elhajlása előtt.

Nägeli és Schwendner az elhajlás szögét közepes hullámú ( $500 \mu\mu$ -os) fény sugarakra nézve kiszámították; szerkezetbeli hézagokul e számításokban egymástól többé-kevésbé távol álló vonalak szolgálták. A nevezett bűvárok úgy találták, hogy

$$\begin{aligned} \text{ha a rés } 2 \mu \text{ széles, az } \alpha \text{ szög} &= 14^\circ 30' \\ \text{» » » } 1 \mu \text{ » » »} &= 30^\circ \\ \text{» » » } 0.5 \mu \text{ » » »} &= 90^\circ \end{aligned}$$

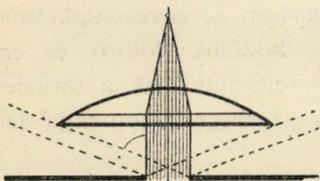
\*  $\sin \alpha = \frac{\lambda}{2z}$ , a melyben  $\alpha$  az elhajló sugarak és az optikai tengely alkotta szöget,  $\lambda$  = a fényhullám hosszát,  $z$  = a nyílást, a közt, (pl. finom vonalak, rostok vagy szemecskék közötti hézagokat) jelenti, a melyeken keresztül a sugarak a mikroszkópba hatolnak.

\*\*  $1 \mu\mu$  (millimikron) =  $\frac{1}{1000000}$  mm.

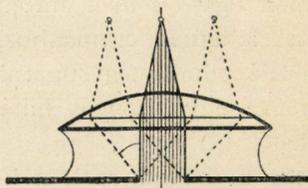
Ebből tehát következik, hogy oly strukturális sávok és közök, a melyek  $0.5 \mu$  szélesek, már nem láthatók meg, mert a felőlők jövő elhajlásbeli sugarak be sem térnek a mikroszkópba.

Szem előtt tartva a fennebbi egyenletet, még vannak fogásaink, a melyekkel az elhajlást csökkenthetjük; csökkenthetjük pedig akként, hogy az  $\alpha$  szöglet értékét lehetőleg kisebbíteni törekszünk.

Minél sűrűbb anyagban halad a fény, optikai szabályok értelmében annál kisebbek a hullámjai, s annál lassabban terjed tovább; ha tehát a vizsgálandó tárgy és a tárgylencse közé erősen fénytörő tiszta folyadékot helyezünk, pl. monobromnaphthalint (melynek törési indexe 1.66), akkor az elhajlási sugarak rövidebbek s ennél fogva az elhajlás szöge kisebb lesz. Ilyen körülmények között tehát a tárgylencsébe még oly elhajlási sugarak is bejuthatnak, a melyek levegőn át oda el nem juthatnának (3. és 4. ábra). Ebben rejlik az erős nagyítású bemártódó (immersiós) lencserendszereknek jelentősége finom strukturák feloldása terén. De még



3. ábra. Erősen elhajló s ezért a tárgylencsébe be sem térő fénynyalábok. A tárgy és lencse között levegő van.



4. ábra. Az elhajlási szög csökkentése az immersióval. A tárgy és lencse között erősen törő folyadék van.

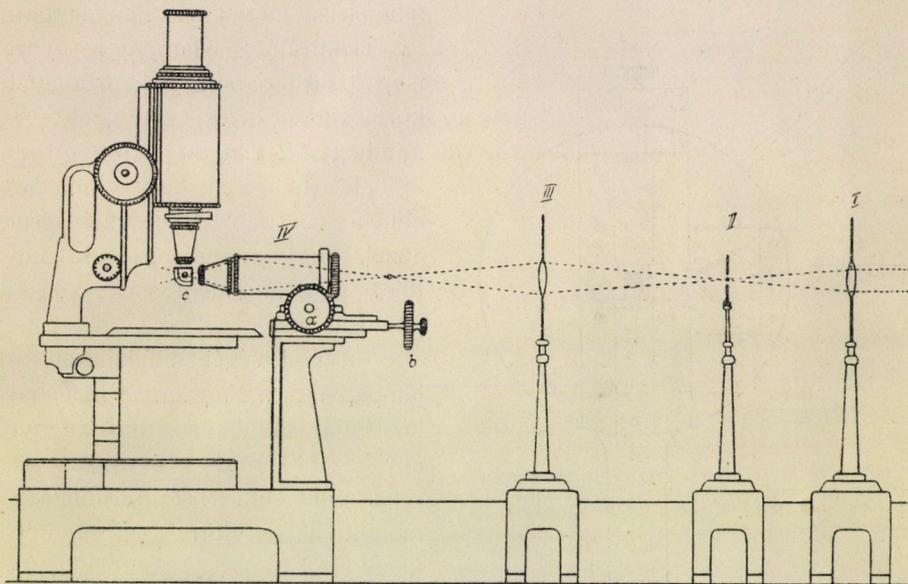
akként is növelhetjük az objectiv lencserendszer analízáló erejét, hogy a tárgyat rövid hullámú, tehát ibolyafényvel világítjuk meg, a mi megint az elhajlás szögének csökkentésére vezet.

De bármely kedvezően alakítsuk is a viszonyokat e tekintetben, a mikroszkópi analízálás megszűnik a legjobb esetben ott, a hol  $0.15-0.20 \mu$ -nél kisebb távolságot kellene látni, vagyis más szóval, ha pl. valamely sejt, vagy sejt-elem  $0.15 \mu$ -nál keskenyebb rostozatból vagy finomabb hézagú anyagból áll, akkor a legerősebb mikroszkópban is csak egyneműnek fogjuk látni.

A mikroszkópi látás korlátolt volta e szerint a fénysugarak fizikai tulajdonságaiban leli okát, nevezetesen abban, hogy a tárgy megláthatására szükséges sugarak be sem térnek a mikroszkópba; s ezért van, hogy ezen a határon túl hiába igyekszünk erős szemlencsékkel a képet nagyítani és többet látni, mert a kép, a mit látni akarnánk, be sem jutott a mikroszkópba.

A szabad szemmel való látás határát a retina látó elemeinek reális mértéke szabván meg, a látás finomulására, azaz a látó elemek lassankénti megvékonyulására és szaporodására legfeljebb a legvérmesebb evolutionista gondol; ellenben semmi okunk sincs lemondani a reményről, hogy a mikroszkópi nagyítás ez idő szerinti korlátain előbb-utóbb, nem sejtett módon, az optika haladásával át fogunk törhetni. Addig is mindent, a mit legjobb immersziós mikroszkópjainkkal sem tudunk meglátni, ultramikroskópnak mondunk és ultramikroskóppal vizsgálunk.

Mikor 1903-ban a Siedentopf-Zsigmondy-féle ultramikroszkóp híre eljutott hozzánk, első pillanatban a szakember is azt hihette,



5. ábra. Az ultramikroszkóp.

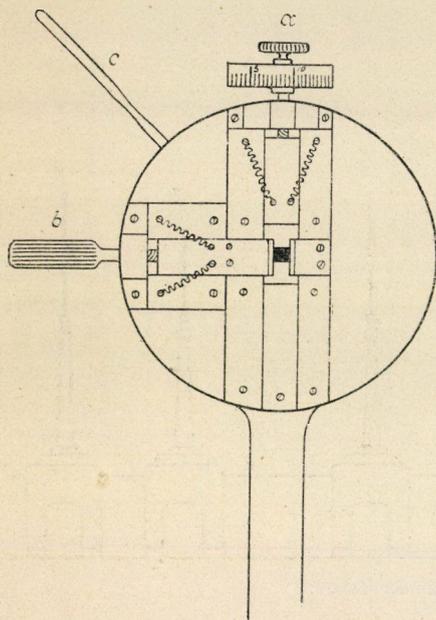
hogy a mikroszkóp analízáló erejének ismét jelentős fokozásáról van szó. Ez azonban csalódás volt.

A tünemény, melynek kihasználásán az ultramikroszkóp alapszik, mindenki előtt ismeretes, nevezetesen: hogy végtelen apró, rendszerint nem is látható, meg nem számlálható szemecske tűnik fel a legtisztább levegőben is, ha a rájuk eső napfény alkalmas módon (közel derékszög alatt) verődik a szemünkbe és szemünket erős fény nem vakította el; tehát pl. akkor, mikor vékony résen át sötétbe hatol be egy fénynyaláb. Egészen hasonló tünemény továbbá a derült ég, a melynek tündöklő csillagai nagyrészt szintén csak visszavert fényök miatt látszanak.

E tüneménynek kísérleti előidézése, a legerősebb fényforrás és a mikroszkóp kihasználásával teszi lényegét és érdemét a Siedentopf és Zsigmondy szerkesztette ultramikroszkópnak.

A készülék optikai padból és ezen levő vas-sínre helyezett alkotó részekből áll; a berendezés olyan, hogy a vizsgálandó tárgy megvilágítása vízszintes, az észlelése ellenben függőleges irányban történik. A fényforrás e szerint a pad egyik végében foglal helyet, a másikában pedig a mikroszkóp optikai tengelyével függőlegesen áll. (5. ábra.)\*

Minél intenzívebb a fényforrás, annál erősebb fényben fognak csillogni a megvilágított testecskék és annyival inkább fogunk láthatni olyan apró szemecskéket is, melyeket gyengébb fényben még gyanítani sem lehet, úgy hogy a Nap fényén és erős elektromos ívlámpán kívül más fényforrás e célra alig alkalmas. Nem alkalmas erre a durranó légben



6. ábra. A praecisiós fényrés.

fehően izzóvá tett mészhenger sem. Az elektromos ívlámpa a nyári Nap korongjának centrumánál körülbelül tízszer gyengébb; s minthogy itt csupán a fényforrás különleges intenzitása határoz, ennél fogva nem lehet célzt érni azzal, hogy gyűjtőlencsével lehetőleg nagy fény mennyiséget összpontosítsunk.

A pad végében felállított ívlámpa, vagy a Nap fényét heliostat közbenjárásával kapó tükör a fényt egy kis, 80 mm-es gyűjtőlencserendszerbe veti. (I.) E gyűjtőlencse mögött a fényforrás kicsinyített képe gyűl össze, még pedig, ha napfényrel dolgozunk, épen 80 mm-nyire a lencsétől és a Napnak képe itt körülbelül 1 mm átmérőjű. Ugyanebben a síkban van felállítva

az úgynevezett praecisiós rés (II), a melynek szerkezetére és feladatára nemsokára visszatérek. (6. ábra.)

A rést elhagyván, a sugarak széttérnek s 140 mm-nyire a rés mögött ismét egy gyűjtőlencserendszerbe jutnak (III), melynek gyűjtőtávolsága 55 mm. E második gyűjtőlencse körülbelül 90 mm-nyi távolban adja a praecisiós résnek mintegy másfélszer kisebbitett képét.

Az optikai pad vízszintes, azaz megvilágító tengelyének utolsó alkotó része egy tubus (IV) és ennek végében egy tárgylencserendszer. A tubus hossza 180 mm levén, kell, hogy a praecisiós résnek a II.

\* Ultramikroszkópra vonatkozó ábrákat találunk a Természettudományi Közlöny 420. füzetében; azóta egyes alkotó részek már némileg módosultak.

gyűjtő lencserendszer összegyűjtötte képe a tubus elé essék; ilyformán az ebből a képből a tubuson és a tárgy lencsájén áthaladó sugarak a tárgylencse mögött kis távolságnyra a praecisiós résnek újra kicsinyített képévé gyűlnek össze. Az utóbbi a világító tengelynek fényben legdúsabb része és ebbe helyezzük a vizsgálandó anyagot.

A praecisiós rés vízszintes és függőleges irányban szabályozható négyszögletes rés, a mely lehetővé teszi, hogy a fényforrásból jövő fénykúpnak csak centrális részét piramis alakjában juttassuk az észlelés helyére és hogy e fénypiramisnak szélességét és mélységét tetszés szerint megváltoztassuk. A tiszta láthatás pl. megkívánja, hogy a vizsgált anyag csak akkora vastag rétege legyen megvilágítva, a melyet az észlelő tárgylencse egy bizonyos beállítása mellett át lehet tekinteni, mert, ha a beállítás síkja fölött és alatt levő testecskék is meg vannak világítva, fényszórásuk következtében az élesen beállított testecskék képe kevésbé tisztán fog látszani.

Nem kevésbé fontos szerep jut a praecisiós rés használatának a mérésnél, mert nyilvánvaló, hogy oszlopalakú fénynyaláb térfogati meghatározása könnyebb, mint kúp- vagy hengeralakúé.

Egyébiránt a praecisiós résnek utolsó, tudniillik a vizsgálati anyagba eső képét még azzal is kisebbíthetjük, hogy az I. gyűjtőlencserendszert és a praecisiós részt a fényforrás felé, a II. gyűjtőlencserendszert ellenben a mikroszkóp felé eltoljuk; ekkor a II. lencse adta kép ugyanezen lencséhez közelebb jelenik meg és kisebb (körülbelül 5-ször a résnél), s ennél fogva a tárgyba eső végleges kép is jóval kisebb és fényben jóval gazdagabb.

A világító tengely az észlelési tengelylyel a praecisiós résnek ebben a kicsinyített képében, tehát a megvilágítás maximumában találkozik (c).

Az észlelés függőlegesen álló mikroszkópon át történik.

Tárgylencsésül Siedentopf és Zsigmondy achromás vizes immersiót ajánlott, a melynek gyűjtőtávola 4·4 mm, numerás aperturája 0·75; a tárgy távolsága a lencsétől 1·5 mm, tehát meglehetősen nagy, a mi szükséges azért, mert a lencse és tárgy között el kell férnie az immersió viznek, egy kvarclemeznek és a vizsgálandó folyadék bizonyos vastagságú rétegének.

Folyadékok vizsgálata czéljából immersió lencse alá alkalmas keret segítségével egy kis cuvetta van odaerősítve akként, hogy rugós csavarokkal a lencséhez közelíthető, vagy távolítható. E cuvetta egyik oldalt fölfelé csapos (a mikroszkóphoz erősített) tölcserrel, másik oldalt levezető, s szorítóval ellátott kaucsukcsővel áll kapcsolatban.

A cuvetta két oldalsó része egyszerű szintelen üvegcsőből áll; középső része ellenben kiöblösödik és fala sötét ibolyaszínű. Felső, azaz a mikroszkóp felé, valamint a fényforrás felé tekintő fala ez öblös rész-

nek le van köszörülve és helyébe finom, szintelen kvarclemezek (ablakok) vannak tapasztva (5. ábra, *c*).

A cuvetta előre, azaz a fényforrás felé tekintő ablaka arra szolgál, hogy a fényhasáb a cuvettaiban foglalt folyadékba érjen, a felső ablak pedig arra, hogy az elhajlott fény a mikroszkópba juthasson.

Az immersiót és cuvetta használatra akként készítjük elő, hogy az utóbbinak felső ablakát rugós csavarok segítségével az immersióhoz óvatosan közelítjük úgy, hogy köztük csak kártyapapiros vastagságú hézag maradjon; ezután ezt a hézagot kicsiny ecsettel tiszta desztillált vízzel kitöltjük.

Ekkor az immersió lencsét, legkényelmesebben az úgynevezett szánkakészülék felhasználásával, a tubusra illesztjük, a cuvetta tölcserét pedig a tartójába illesztjük; a vizsgálandó folyadékot a tölcserbe öntjük, a cső végén levő szorító lazításával a cuvettaiba eresztjük. A cuvettaiban néha makacsul bennrekedő légbuborékokat a folyadék ismételt átöntésével kell eltávolítani.

Szemlencsél *H u y g e n*-s-féle, vagy compensatiós okulárok szolgálnak.

Az ultramikroszkóp ezzel vizsgálatra készen áll, s beállítása következőképpen történik.

Mikor az immersió tárgylencse és a vizsgálati folyadékot tartalmazó cuvetta egymással szilárdul össze van kötve, s köztük a kellő vízréteg is megvan, a beállítás csak abból áll, hogy a mikroszkóp tubusának föl- és lecsavarásával megkeressük azt a niveau-t, mikor a cuvettaiba eső fénynyaláb az immersió lencse alsó lapjától 1-2 mm-nyire, azaz a lencse látó távolába esik. Ha a folyadékban csak kevés testecske van is, a beállítás sikerültét a fénynyaláiban csillogó pontokból könnyű felismerni.

Mínthogy azonban a világító tengely végén levő gyűjtő tubus és vele együtt a világító fénynyaláb (*a* csavarral) jobbra-balra is elmozdítható, ezért arra is kell ügyelni, még pedig első sorban, hogy a világító és az észlelő tengely ugyanegy függőleges lapba essék, hogy a fénynyaláb a mikroszkóp tengelyétől egyik vagy másik oldalra látatlanul el ne haladjon.

Végre a praecisiós résnek a világító tengely végében levő kicsinyített képét úgy kell igazítani, hogy (helyesebben mondva a fénynyaláb legkeskenyebb része) épen a látástér közepére essék; ez a világító tubusnak a világító tengely irányában (*b* csavarral) való előre és hátra való elcsavarásával könnyen sikerül. Kellő beállításkor a fénynyaláb a látó tér közepén legkeskenyebb, előre- és hátrafelé pedig kissé kiszélesedik. A látó térnek jobb és bal része a fény-rés kellő szűk volta mellett mindig a fénynyalábon kívül esik s ennél fogva sötét.

Az így beállított mikroszkópba tekintve, fény csak akkor juthat szemünkbe, ha az immersio látó távolába beigazított folyadék rétegben olyan

testecskék, vagy anyagok vannak, a melyek a vízszintes irányból reájok eső fénynyalábocskát az immersión át a mikroszkópba hajlítják. Ez elhajlított fény polározódott, miről könnyen meggyőződhetni, ha az oculárra analizátort helyezünk és forgatjuk, mikor is a világitó testecskék majd elsötétülnek, majd ismét előtűnnek.

A mit az ultramikroszkóppal ez idő szerint láthatni, az tulajdonképpen kevés szóba foglalható össze; a legmeglepőbb és legtanulságosabb mindenesetre az, hogy két folyadék, a mely mind szabad szemmel, mind pedig a legerősebb mikroszkóppal vizsgálva teljesen átlátszónak, egy-neműnek látszik, ultramikroszkóp alatt teljesen eltérő képet adhat, a mennyiben az egyik esetleg minden testecskétől mentnek (vagy legalább is majdnem mentnek) bizonyul, a másik pedig hemzseg a kisebb-nagyobb szemecskéktől, néha olyannyira, hogy a folyadék csupán ilyenekből látszik állani. Nézzünk erre a két szélsőségre példát.

Ha a vizsgálandó folyadékban nincsen olyan testecske, a mely a reá eső fényt elhajlítja, akkor a mikroszkóp kellő beállításakor sem látunk semmit, azaz a látó tér teljesen sötét; megjegyzendő azonban, hogy ilyen testecskéktől teljesen ment folyadékot nem egy könnyen szerezhetni, mert valamint a legtisztább levegőben is, a Nap fénye által alkalmas módon megvilágítva, számtalan porszem válik láthatóvá, úgy a legtisztábbnak látszó folyadékban sem hiányzanak apró testecskék. A desztillált vízben is látni több-kevesebb szemecskét, a melyek kétségkívül a vízbe véletlenül jutott idegen testek, vagyis a víz szennyeződéséből erednek. Annál meglepőbb a kép, mikor bizonyos folyadékokat vizsgálunk, melyek ugyan szintén teljesen átlátszók és ezért az egy-neműség hatását teszik reánk, mint pl. a colloidalis platina híg oldata, de a fénynyalábban számtalan megvilágított szemecskét tárnak elénk, melyek a legélénkebb molekuláris mozgásban vannak.

A részecskék mozgását nem tekintve, az ilyen kép teljesen hasonlít a csillagos éghöz, a mennyiben sötét alapon erősen világitó kisebb-nagyobb pontok tűnnek fel rajta.

Festékoldatok vizsgálata tanúsítja, hogy a testecskék az illető festék színében mutatkoznak; így pl. karminnak híg (1:1000) vizes oldatában sötét tűzvörös szemecskéket látunk. Hasonlót észlelt különböző színű festékek oldataiban  $Raehlmann$  is, a kinek úgy tűnt fel, mintha néha a különböző festékek szemecskéinek mozgási sebessége között is különbség volna észlelhető. Az utóbbi egyáltalában nem valószínű, mivel a látható részecskék mozgása kétségkívül attól függ, minő e részecskék láthatatlan, azaz ultramikroszkópiailag meg nem oldható környezete, vajjon homogén folyadék-e az, avagy pedig még apróbb testecskék sűrű tömege.

Bizonyos folyadékok vizsgálatakor azonban feltűnik, hogy a fényoszlopnak megfelelő folyadék egészében többé-kevésbé meg van vilá-

gitva, a mi a látó tér jobb és bal harmadának teljes sötétsége mellett jól szembetünik. Ilyen folyadék az eosin oldata (1:1000), mely szabad szemmel tekintve áteső fényben piros, a fényforrás irányában reá tekintve ellenben sárgás-zöldes, fluoreszkáló. Ultramikroszkóp alatt az egész fényoszlop élénk sárgás-zöldes színű, benne azonban számos apró, nem egyforma nagyságú piros szemecskét látunk és ilyenek csoportjait.

Ha az ilyen eosin oldatot folyton higitva tovább nézzük, tapasztaljuk, hogy a piros szemecskék gyérülnek, végre el is tűnnek, a fényoszlop azonban még mindig élénk sárgás-zöld marad; de ilyen marad még akkor is, midőn szabad szemmel a folyadék az eosin színének már nyomát sem árulja el.

Az eosin oldatában tehát vagy egy anyag van kétféle módon eloszolva, vagy két anyag van jelen, még pedig az egyik látható testecskék alakjában, a másik pedig az ultramikroszkóppal fel nem bontható, azaz meg nem határozható alakban. Hogy e fluoreszkáló anyag azért nem látható-e, mert részecskéi végtelen finomak és sűrűn állanak egymás mellett, avagy pedig más okból, ez idő szerint alig lehet eldönteni.

Hasonló jelenséggel van itt dolgunk, mint a Tejútban, a melyben távcsővel nézve még meg tudunk különböztetni több-kevesebb különálló testet, de még így is maradnak egyneműnek látszó ködszerű foltok, a melyek azonban minden valószínűség szerint ugyancsak különálló testekből állanak.

Ha olyan folyadékot vizsgálunk, a mely tömördek szemecskét tartalmaz és vizsgálat alatt a cuvettán átáramolni is engedjük, akkor a látástérnek nemcsak középső, azaz a fénynyalábtól áthatolt sávja, hanem oldalsó részei is felvilágosodnak, mert a középső részlet erősen megvilágított testecskéiről elhajló fény a látó tér sötét részeit is némileg megvilágítja.

Ilyen folyadék pl. az állati vérsavó, a mely még tetemes higitás után is csak úgy hemzseg kisebb-nagyobb testecskéktől és a melynek ultramikroszkópi képe szakasztott olyan, mintha sötét helyiségbe nyomuló fénynyaládba port vagy lisztet hintonénk.

A 7. ábra az ú. n. zafrinüvegnek ultramikroszkópi képét ábrázolja ezerszeres nagyításban.

A zafrinüveg igen gyengén színezett, teljesen átlátszó üveg, mely áteső fényben gyengén kékeszöld, oldalról tekintve ellenben vöröses-barna színű; immersziós mikroszkóppal sem áteső fényben, sem oldalsó megvilágításkor semmit sem lehet benne látni.

A kép téli napfénynyel, 10 percnyi megvilágítással készült; a fényoszlop (= a kép) szélessége körülbelül 30  $\mu$ -nak felel meg.

Az ultramikroszkópi látás e szerint az apró testecskék felszínének egy részéről elhajlott fénynyalábnak szemünkbe jutásán alapszik, a mely

elhajlott fénynek mikroszkópi képe azonban magának a testecskének nagyságára és alakjára helyes következtetéseket nem enged meg; nevezetesen az ultramikroszkópban a tárgy fénylő képe jóval nagyobb a tárgynál. Ez oknál fogva a tárgyak mérése nem is történhetik a közönséges mikroszkópi, t. i. direkt mérés útján valamely előzőleg hitelesített ocularmikrométerrel, hanem csak indirekt módon a következő eljárással.

Ocularmikrométert helyezvén a mikroszkópba, a praecisiós rés képének előbb szélességét, majd a magasságát határozzuk meg. Hogy az utóbbit megmérhessük, arra természetesen szükséges, hogy a praecisiós rést lapja irányában a *c* emelőnél fogva 90 fokkal elforgassuk, mert ekkor látjuk csak a mikroszkópban a fénynyaláb magasságát; megmérése után a rést újra 90 fokkal visszaforgatjuk. A mérés tehát abban áll, hogy meghatározzuk a fénynyaláb megvilágította térfogatnak haránt és függőleges irányú kiterjedését és ezt ott tesszük, a hol a fénynyaláb legszűkebb és egyúttal közel hasábalakú s a fény a legintenzivebb. Az ocularmikrométerrel a harmadik irányban, azaz a világító tengely irányában is lemérünk egy bizonyos hosszúságot, úgy hogy ily módon egy bizonyos megvilágított térfogatnak reális méreteit ismerjük.

E mérés egyszerűsítése kedvéért a Zeiss-féle optikai labororium oly ocularokat bocsátott forgalomba, a melyekben az egyszerű vonalas mérték helyett apró négyzetes területek láthatók, a mely négyzetek méretei a látó térre nézve előre meg vannak határozva (illetőleg objektív mikrométerrel bárki könnyen meghatározhatja). A négyzetekre osztott terület összeesik a látó térben a fénynyaláb középi részével, s ha előzőleg meghatároztuk az utóbbi mélységét, könnyű kiszámítani, hogy az egy négyzetre eső fénynyaláb-részlet mekkora térfogatnak felel meg. Ha tehát pl. egy ocularbéli négyzetnek egyik oldala 0.01 mm s a fénynyaláb mélységét (= magasságát) is ennyire szabályozzuk, akkor az egy négyzeten keresztül látható térfogat megfelel  $0.01 \times 0.01 \times 0.01 \text{ mm}^3$ -nek (=  $0.000001 \text{ mm}^3$ ).



7. ábra. A Zafrin-üveg ultramikroszkópi képe 1000-szeres nagyításban (Preis fényképező).

A világító apró testecskék nagyságának meghatározása azonban csak akkor lehetséges, ha ismeretes, hogy a vizsgált anyag egy bizonyos quantuma mennyit tartalmaz abból az anyagból, a melyet az ultramikroszkópban többé-kevésbé finom szemecskék alakjában eloszolva látunk. Mert ha tudjuk, hogy pl. az arannyal színezett rubin-üveg, mely Siedentopf és Zsigmondy első vizsgálatának a tárgya volt, a szintelen üvegből mennyi arannyak hozzáadásával készül és a mikroszkóp alatt egy bizonyos kis térfogatban egy bizonyos számú arany-szemecskét leolvastunk: megközelítőleg kiszámíthatni, hogy egy kis részecske mekkora arany mennyiségnek felel meg és hogy ilyen részecskének egy irányban való mérete (linearis nagysága) mekkora.\*

Természetes, hogy a bizonyos lemért térfogatban levő részecskék megolvasása csak szilárd vizsgálati anyagban lehetséges, mert folyadékokban a részecskék folytonos mozgása a számlálást meggyúsítja.

Szilárd anyagok ultramikroszkópi vizsgálata is csak úgy történik, mint folyadékoké, csak hogy a cuvetta helyett az immersió alá egyrészt a mikroszkóp felé, másrészt a fényforrás felé simára csiszolt vizsgálati anyag helyezendő.

Az említett számítás útján Siedentopf és Zsigmondy arra az eredményre jutottak, hogy az aranytartalmú rubinüvegben az arany nagyon különböző nagyságú részecskék alakjában van jelen, melyek legnagyobbjai 487—791  $\mu\mu$ , legkisebbjei pedig 3·9—6·9  $\mu\mu$  átmérőjűek, az utóbbiak e szerint mintegy milliomszor kisebb tömegűek, mint az előbbiek. Megjegyzik egyúttal ez utóbbi kicsiny részecskékről, hogy csakis a legkedvezőbb feltételek, t. i. a legerősebb megvilágítás és a szemnek sötétségre való alkalmazkodása mellett voltak még észlelhetők.

E legapróbb aranyrészecskék súlya a nevezett szerzők számítása szerint még  $10^{-15}$  (= 0·0000000000000001) milligrammnál s e szerint azoknál a mennyiségeknél is jóval kevesebb, a melyek színkép-elemzés útján még kimutathatók.

Folyadékokban, pl. fémek colloidalis oldataiban foglalt és mozgó apró részecskék méretbeli meghatározása akként történik, hogy ocularmikrométerrel meghatározzuk a részecskéknek egymástól való átlagos távolságát; ha ezt ismerjük és tudjuk, hogy a folyadéknak egy bizonyos

\* A számítás ez egyenlet szerint történik:  $V = \frac{A}{n \cdot s}$ ; A az egy köbmilli-méterben foglalt színarany súlya milligrammokban; n az egy köbmilliméterben foglalt aranyrészecskék száma; s az arany fajsúlya; V egy részecskének térfogata. Ha pedig a részecskét kockaalakúnak képzeljük és egy irányban való, azaz linearis kiterjedését (= l) akarjuk ismerni,  $l = \sqrt[3]{\frac{A}{n \cdot s}}$  mm szabja meg azt.

térfogatában mennyi az eloszlott szilárd anyag, akkor egy szemecskének tömege és méretei kiszámíthatatók.\*

Hogy e mérések nem lehetnek pontosak, az nyilvánvaló; azon a föltevésen alapulnak ugyanis, hogy az eloszlott anyagnak egész tömege látható szemecskék formájában van jelen a vizsgálati anyagban, holott alig lehet kétség, hogy egy része bizonyos esetekben még finomabb s már nem látható, avagy egyéb, de szintén nem látható alakban lehet jelen. Hogy továbbá a megvilágított térfogat kimérése, a részecskék számának, vagy egymástól való távolságának meghatározása körül nem csekély hibák merülhetnek fel, főleg, ha a részecskék egyenlőtlen nagyságúak, vagy felette kicsinyek és élénk mozgásban vannak, az is nyilvánvaló dolog.

Bár az ultramikroszkópi testecskékről a szemünkbe elhajló fénynyaláb nem enged a testecskék nagyságára következtetni, azért a testecskék viszonylagos kiterjedését mégis szembeötlően mutatja, mert a hányszor nagyobb a testecske felszíne, annyszor nagyobb fény mennyiség jut róla a szemünkbe, úgy hogy a nagyobb, pl.  $0.5-1.0\mu$  átmérőjű testecskék tüzes, vakító fényűek, a legapróbbak pedig éppen még látható kékes, legfinomabb tiszúrásnyi fénylő pontok alakjában tűnnek fel s közöttük olyan a különbség, mint a fénylő Nap és a láthatás határára levő csillag között.

Ebből következik, hogy bizonyos kicsinységen alul a testecskék már nem észlelhetők, mert a szem a róluk elhajló csekély fény mennyiség iránt már nem érzékeny; ha azonban sikerülne az eddigieknél még nagyobb erősségű fényforrásokat alkalmaznunk, még apróbb részecskéket is tehetnénk láthatóvá.

Már említettem, hogy a rubinüvegben Siedentopf és Zsigmondy észlelte legapróbb aranszemecskék e bűvárok számítása szerint mintegy  $4\mu$  átmérőjűek, a mi kerek számban körülbelül 100—200-szor nagyobb, mint a rendes mikroszkóppal még észlelhető testek átmérője.

E csekély méret már közel jár azokhoz a méretekhez, a melyeket a molekulákra nézve elméletileg kiszámítottak: így pl. O. E. Meyer szerint az oxigén-molekulák átmérőjének felső határa  $1\mu$ ; sőt Lobry de Bruyn számítása szerint az oldható keményítő molekulájának átmérője körülbelül  $5\mu$ .

Hogy mi szabja meg az ultramikroszkópi láthatás határát, azt részben már érintettem; megszabja egyrészt a világító fényforrás erőssége s e szerint jelenleg a legerősebb napfény kihasználásával  $4\mu$  átmérőjű testecskék éppen még szemlélhetők.

\* Az erre szolgáló egyenlet  $l = \sqrt[3]{\frac{A}{s}} \times r$ , ahol  $r$  a részecskék egymástól való átlagos távolsága milliméterekben; a többi betű jelentősége ugyanaz, mint az előbbi egyenletben.

Mínthogy az ultramikroszkópi testecskék képei a mikroszkópban egészen úgy képződnek, mint a mikroszkópi képek egyáltalában, ennél fogva itt is érvényesül az az A b b e-féle tapasztalat, hogy a testecskék csak addig látszanak egyenként, vagyis a testecskék között levő hézagok csak addig láthatók, míg méreteik a mikroszkóp meghatározó erején belül vannak, azaz a közök körülbelül  $0,2 \mu$ -nál nem kisebbek. Ha a testecskék ennél sűrűbben vannak egymás mellett, akkor a fénynyalábnak megfelelő látó térrészlet ugyan meg van világítva, de egyes szemecskéket benne nem fogunk megláthatni még akkor sem, ha méreteik a láthatás határain belül vannak.

E szerint lehetnek pl. folyadékok, melyek tömény állapotban egy-neműeknek látszanak az ultramikroszkópban, de hígítottan szemecskék mutatkoznak bennök.

Ugyanezért egyetlenegy fénylő testecskének fogjuk látni az olyan szemecskék csoportját, melyek egymáshoz nagyon közel állanak. Az ilyen szemecske-csoportok önálló szemecskéktől sokszor meg is különböztethetők egyetlen körvonalaiknál fogva.

Hogy az ultramikroszkóppal látható részecskéken túl még apróbb testecskéknek is kell lenniök, a következőkből kell következtetnünk:

S i e d e n t o p f és Z s i g m o n d y megállapították, hogy igen gyengén festett, tehát kevés aranyat tartalmazó rubinüveg még mindig polározott, elhajlított fényt juttatott a mikroszkópba (úgy mint az erősebben festett üveg), de aranyszemecskéket benne látni nem lehetett, a miből következik, hogy ebben az üvegben az aranyszemecskék még finomabban voltak eloszolva, azaz még kisebbek és egymáshoz közelebb állók voltak, mint az észlelt legkisebbjei.

Ilyen végtelen apró és sűrűn álló, az ultramikroszkóp analizáló erejét ez idő szerint meghaladó testecskék jelenlétét kell feltételeznünk minden esetben, valahányszor az ultramikroszkópban látunk ugyan fénynyalábot, de egyes fénylő testecskéket megkülönböztetni benne nem tudunk. Ezzel szemben pl. az egészen tiszta, ismételten kifagyasztott párolt vízen áthaladó fénynyalábból elhajlás nem észlelhető, azaz a látó tér egészen sötétnek tűnik fel. Ebből azonban nem következik szükségképpen, hogy a párolt víz in ultima analysi homogén s hogy nem legapróbb részecskékből van összetéve, hanem csak az, hogy az ultramikroszkóp jelenlegi szerkezete és használati módja mellett a párolt vízben testecskéket feltüntetni nem lehet.

Már említettem, hogy az ultramikroszkópi látás határa ott van, a hol a részecskéről a szemünkbe jutó fény, épen a részecske kicsinysége miatt, már elégtelen a megláthatásra, vagy a hol a részecskék egymáshoz való közelsége a mikroszkópi látást egyáltalában lehetetlenné teszi. De mínthogy a fényhullámoknak bizonyos meghatározott hosszúságuk és

oldalkitérésök (amplitudójok) van, talán nem valószínűtlen, hogy a fényelhajlás tüneténye, a melyen az ultramikroszkópi látás alapul, bizonyos kicsinységű testecskék felszínén már egyáltalában nem is nyilvánul.

Az ultramikroszkópban látható kép nem alkalmas, hogy demonstrálás céljából nagyobb távolságra és nagyított formában falra vetítsük, ép oly kevéssé, mint az égi testek képe sem vetíthető teleszkópból ernyőre; még pedig azért nem, mert a fénylő testek a nagyítással rohamosan elhalványulnak. Ez okból vetítésre legfeljebb az ultramikroszkópi kép fényképe (diapositivuma) alkalmas.

Folyadékot fotografálása a szemecskéknek molekuláris mozgása miatt lehetetlen, mert pillanatnyi felvétel eredménytelen. Mindazonáltal folyadékok is alkalmassá volnának tehetők e célra, ha előzőleg valamely megszilárduló, homogén anyaggal kevertetnének. Én ez irányban kísérleteztem és pl. colloidális platinát meleg zselatinával keverten a kvarczablakos pipettába töltvén, megalvadása után vizsgálat alá vettem.

Azonban a zselatinát nem találtam elég alkalmasnak e célra, mert magában véve is meglehetősen világos fénynyalábot ad.

Szilárd anyagok ultramikroszkópi képe, természetesen, különös nehézségek nélkül fotografálható.

Röviden áttérek végül a kérdésre, hogy mit várhatunk az ultramikroszkóptól?

A mikroszkóp alatt a tárgyat keresztül eső fényben látjuk s ennél fogva belső szerkezetét is elemezhetjük; ez a szerkezet bizonyos eljárások, főleg festések segítségével még szembetünőbbé is tehető: az ultramikroszkóp ezzel ellentétben csakis a tárgy felszínének egy részéről egy bizonyos mennyiségű fényt hajlít a szemünkbe, annak jeléül, hogy ott van valami, a mi a fényt el tudja hajlítani. Röviden mondva, a mikroszkóppal látjuk, hogy mi van, az ultramikroszkóppal pedig csak arról győződünk meg, hogy valami van előttünk; de ennek a valaminek nemcsak a belsejébe nem tekinthetünk, sőt alakjáról, nagyságáról is csak nagyon felszínes fogalmat szerezhethetünk; csak a testecskék színe az, a mely iránt még leginkább tájékozódunk.

Ez az első szempont, a melyből az ultramikroszkóp hasznavehetőségét bírálni kell. E szerint mondhatni, hogy az ultramikroszkóp szolgálatot tehet ott, a hol meg kell állapítani, hogy valamely a fényt magába bocsátó testben vannak-e szilárd részecskék. Az ultramikroszkópnak főleg a fizikai chemia, az ásványtan (kivált színes átlátszó ásványok elemzésére) veheti hasznát. A chemia az új műszernek hasznát fogja vehetni főleg a különböző oldatok meghatározására, esetleg a csapadékképződés mechanizmusának tanulmányozására, de egyéb célokra is.

Sajnos, hogy a jelenlegi perspektívából ítélve, éppen a biologia

és pathologia, a mely a mikroszkóp tökéletesbülésének oly sokat köszön, az ultramikroszkóptól vajmi keveset remélhet. Pedig nagy feladatok előtt áll a pathologia, mert emberi és állati fertőző betegségek nem kis csoportjának (kanyaró, skarlát, himlő, veszettség stb.) okozói még ismeretlenek, holott több mint valószínű, hogy oly kicsiny csirák ezek, melyek mikroszkóppal már nem láthatók. Ultramikroszkóppal talán megláthatók; de ha elgondoljuk, hogy az állati testből szerezhető legtisztább folyadékok egyike a vérsavó, ultramikroszkóp alatt a kisebb-nagyobb szemecskék sűrű rajából állónak mutatkozik, akkor megérthetjük azt is, hogy egy apró kis élő kórokozó parazitát a számtalan más testecskétől megkülönböztetni mennyire nehéz, már csak azért is, mivel róla is, meg ezekről is csak egyforma, elhajlított fény jut a szemünkbe. Épen ezért csak nagy fenntartással kell fogadni, ha pl. Raehlmann azt írja, hogy a szem kötőhártyájának váladékában felette gyorsan mozgó, trachomás váladékban igen sokalakú ultramikroszkópi »organismust« látott.\*

Mindenesetre észszerűtlen volna, ha ez új fölfedezés fölött akár csak ez irányban is pálczát törnénk; az ultramikroszkóp, úgy mint minden tudományos eszköz, előre nem remélt fejlődésre, tökéletesbülésre lehet alkalmas. De ezt leszámítva, önmagában véve az a körülmény, hogy az új mikroszkóppal jóval apróbb tárgyakat láthatunk meg, mint eddigi legjobb műszereinkkel: akkora vívmány, a mely az ultramikroszkóp jelen tökéletlenségei mellett is a kellő gyakorlattal és alkalmas methodusok kieszeletésével egyenes vagy közvetett módon ez idő szerint nem sejthető fölfedezésekre vezethet.

DR. PREISZ HUGÓ.

\* Irodalom.

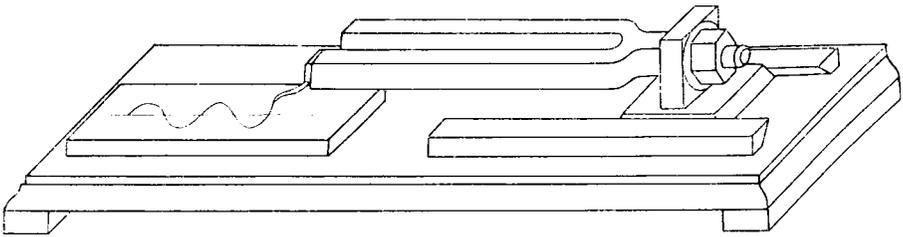
- A. Zimmermann, Das Mikroskop. 1895.  
 S. Garten, Leitfaden der Mikroskopie. 1904.  
 H. Siedenkopf und R. Zsigmondy, Über die Sichtbarmachung und Grössenbestimmung ultramikroskopischer Teilchen etc. Annalen der Physik, 10. kötet.  
 E. Raehlmann, Über ultramikroskopische Untersuchung von Farbstoffen und ihre physikalisch-physiologische Bedeutung. Ophthalmologische Klinik. 1903.  
 Ugyanaz, Münchener Medizinische Wochenschrift. 1904. 2. szám.

## Akusztikai kísérletek.

A következő kísérletekkel némely akusztikai jelenségeket oly méretekben kívánok bemutatni, hogy a nagyközönség is jól megfigyelhesse őket.

**I. Hangvilla-rezgések bemutatása.**  
Igen egyszerű az az eljárás, hogy a hangvilla szárának végére könnyű csúcsot ragasztunk, melyet a közben, hogy a

hangvillát elektromágneses szaggatóval állandóan rezgésben tartjuk, bekormozott üveglapon a rezgés irányára merőlegesen végighúzunk (1. ábra). A csúcs ekkor a kormot az üveglapról a hullámvonal mentén lesöpri, mely a rezgés és a reá merőleges egyenletes haladó mozgás eredője. Ha ez üveglapot fehér sellakoldattal le-



1. ábra. Rezgést író hangvilla.

öntjük s ilyképen a kormot rögzítjük, ezután pedig diapozitiv módjára fényvetítő készülékkel erősen megvilágítjuk, az ernyőn sötét alapon nagyméretű fényes hullámvonalat látunk. A hangvillarezgésnek nagy méretekben való bemutatására szolgáló ilyenén módszer közvetettnak mondható, mert a közvetlenül csak kis méretekben elkészített hullámvonalnak nagyított képét vetjük az ernyőre.

Közvetetlennak nevezhetjük azt az eljárást, melylyel a hullámvonalat magán az ernyőn származtatjuk; erre a célra Lissajous eljárása szerint (2. ábra), a hangvilla szárvégére tükröt ( $t$ ) erősítünk. Az apró nyílást elhagyó fénynyalábot összetartóvá tevén, a hangvilla

tükrére, az innét visszavert fénynyalábot pedig ( $F$ ) álló sokszögű tükörrel az ernyőre vetjük. Ha a hangvillát a vízszintes tengely körül, melyet a tövében képzelünk, rezgésben tartjuk, az ernyőn függőleges fénycsávot látunk, melyszélső helyein azért erősebb fényű, mert a rezgő hangvilla mozgásának a forduló pontjai táján legkisebb a sebessége; ha e közben a sokszögű tükröt függőleges tengely körül egyenletesen forgatjuk, a függőleges fényvonal hullámvonallá húzódik szét. A görbének idő (zerus) vonalát egyidejűleg úgy kapjuk, hogy a bevetődő fénynyaláb egy részét az álló ( $t$ ) kis tükörre, azután az  $F$  tükörre és az ernyőre vetjük. A  $t$  tükröt úgy kell beigazítanunk, hogy a kísér-

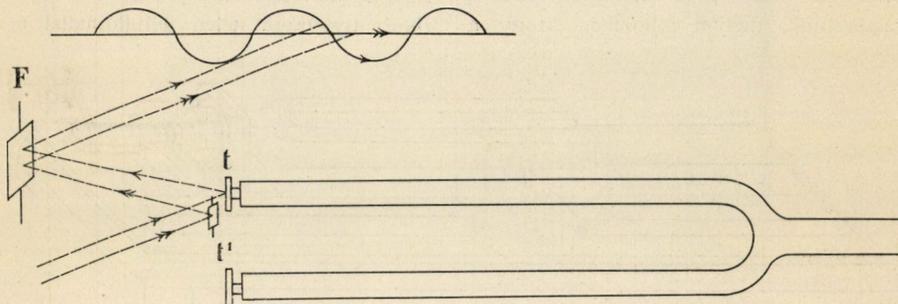


let megkezdése előtt a  $t$  és  $t'$  tükrök szolgáltatta képek az ernyőn egymást fődjék.

Az imént leirt eljárással aránylag kis magasságú hullámvonalat kapunk, mert a hangvilla szárának, úgyszintén a reá erősített tükörnek még legszélsőbb szögelfordulása is kicsiny. Sokkal nagyobb, akár három méter magasságú hullámvonalakat állíthatunk elő Schuller Alajos műegyetemi tanár\* azon eljárásával, melylyel a rezgő hangvillaszárnak legszélsőbb szögelfordulásához képest, a hangvilla rezgette tükörnek sokszorosított szögelfordulását éri el. E mód szerint a hangvilla egy-egy szár-végéhez

hosszabb, illetőleg rövidebb könnyű rudat erősítünk (3. ábra), a melyekkel a  $T$  tükröt tartó vízszintes aczélrugók merev összekötésben vannak. Ha a hangvillát rezgésben tartjuk, a tükör a rugók távolságának mintegy felében a tükör síkjában képzelendő vízszintes tengely körül, tehát a szárhoz képest sokszorosított szélső szögelfordulással rezeg.

Ha a sokszögű tükröt kézzel vagy kis elektromórral forgatjuk, a hullámvonal az ernyőn hol jobbra, hol balra, gyorsabban-lassabban halad; próbálgatással megközelíthetjük a forgó tükörnek azt a másodpercenkénti fordulatszámát, mely-



2. ábra. Lissajous tükröfelszerelésével ellátott hangvilla.

nél az ernyőn keletkező hullámvonal vesztetelni látszik. Ennek az a feltétele, hogy az az idő, mely alatt a sokszögű tükör forgása folyamán egy tükörlap helyére a szomszéd jut, a hangvilla egy teljes rezgési idejének egész számú sokszorososa legyen.

Kísérleti összeállításomra nézve jellemző az a mód, melylyel a Schuller-féle eljárással előállított nagy méretű hullámvonalat próbálgatás nélkül, állandóan egy helyen való vesztetlésre bírom.

Öszeállításom veleje, hogy a sokszögű tükröt a hangvillaáram hajtotta La Cour-féle fonikus kerékkel forgatom. Ez érdekes és sokféle fontos alkal-

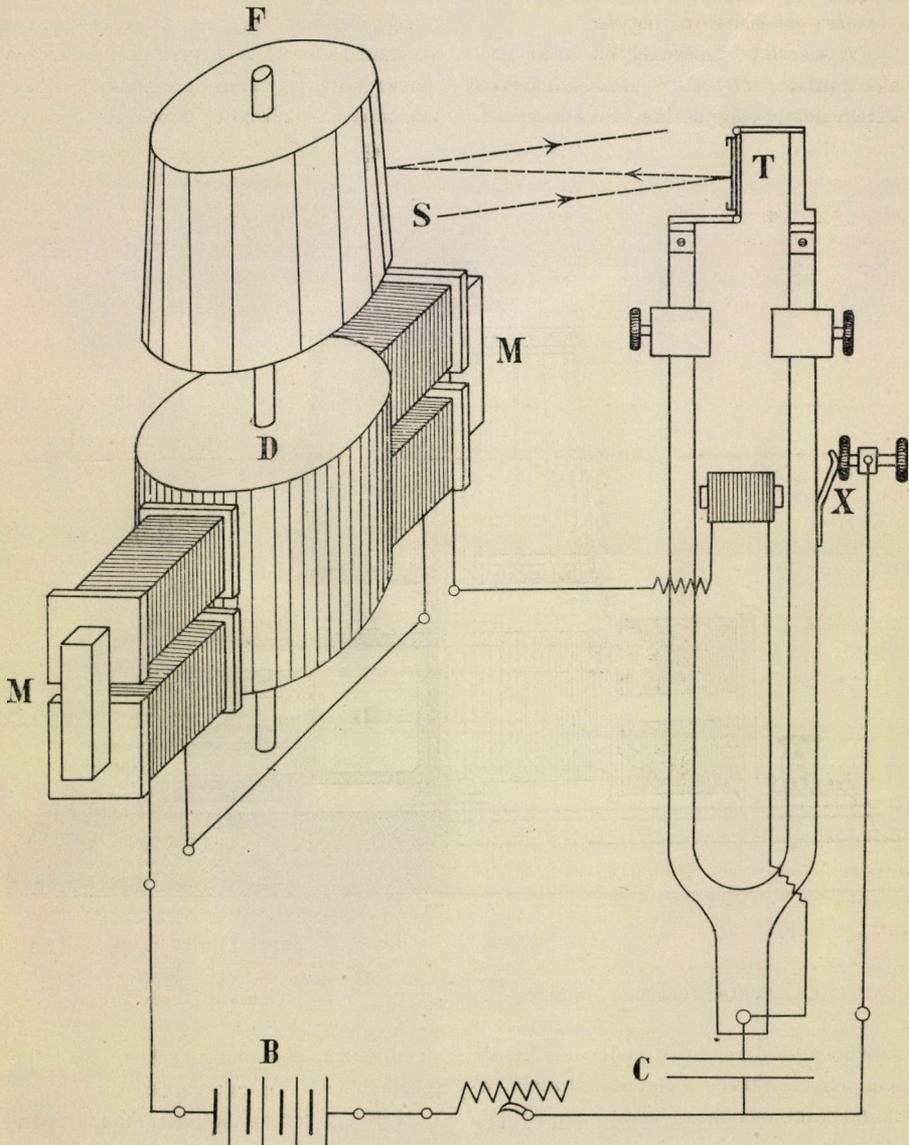
mazásában bevált készülék lényegében kis elektromotor;\* forgó része függőleges tengelyre erősített ( $D$ ) fadóboz (3. és 4. ábra), mely lendítő tömegül szolgáló kén-esővel van megtöltve. A doboz palástjára az alkotók mentén egyenlő távolságokban vasszalagok, mágnesfegyverzetek vannak csavarva; a kis elektromotor álló részét a doboz két átmérőmenti helyén, a vasszalagokkal szembeállított elektromágnes-

\* E helyütt csak jelzem, hogy a sokszögű tükrrel ellátott fonikus keréknek olyan a felszerelése, hogy mint szinchronmótort a váltakozó elektromos áram görbéjének az ernyőn mozdulatlan előállítására is használom; ilyen görbének fotografiáját közöltem a Természettudományi Közlöny 1902. évf. májusi füzetében.

\* A magyar tud. Akadémia math. és természettudományi Értesítője. XII. kötet. 272. l.

pár (M M) alkotja. Ha a fonikus keréktől csak kis területi erőt kívánunk, egy elektromágnessel is beérjük; de ha a sok-

szögű tükröt forgatnunk kell, biztosság kedvéért elektromágnespárt használunk olyan elrendezéssel, hogy, ha az egyik



3. ábra, Rezgő hangvilla és sokszögű tükrrel ellátott L a C o u r-féle fonikus kerék.

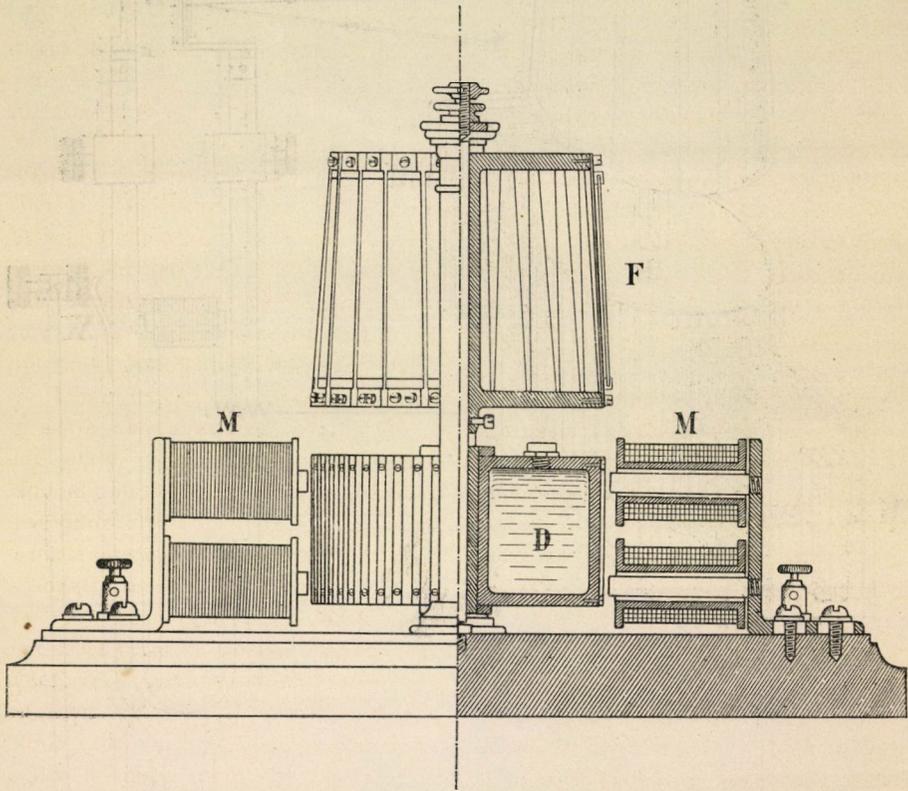
mágnessel fegyverzetet helyezünk épen szembe, a másik mágnessel is fegyverzetével pontosan szembe kell beigazítanunk.

A fonikus kerék forgástengelye vagy közvetlen, vagy fogaskerék áttevésével lassítva forgatja a sokszögű tükröt, melynek

lapjai három szabályzó csavarral azért vannak kissé ferdére irányítva, hogy a beeső vízszintes fénynyalábot fölfelé vessék s így a rezgésgörbét a nagy közönség számára jól láthatóvá tegyék.

A kísérlet végzésénél (3. ábra) 3—4 akkumulator (*B*) elem árama a fonikus kerék elektromágneseinek drótbevonatát,

továbbá a hangvilla szaggató elektromágnesét és az *X* platina érintkező helyet járja át. A szaggató működéséről röviden csak annyit, hogy az áram a hangvilla mágnesét átjárva, ez az aczélszárakat vonzza, a mitől *X* helyen az érintkezés megszűnik s az áram megszakad; a mágnes most a szárakat elbocsátja, melyek



4. ábra. Sokszögű tükörrel ellátott La Cour-féle fonikus kerék.

kezdeti helyükön túl is kitérnek, *X* helyen az érintkezés helyreáll, minek a szárak újabb vonzása, végre a hangvillának állandó rezgése az eredménye.

Az elektromos kapcsolás rajzából nyilvánvaló, hogy a fonikus kerék elektromágnesei a hangvilla egy teljes rezgése folyamán csak azon rövid ideig hatásosak, míg az áramot az *X* érintő zárja; ennyi

ideig húzzák *M M* mágnesek az épen legközelebb levő fegyverzeteket.

Eddig a fonikus kereket mozdulatlanul tartottuk; adjunk a doboznak kezünkkel néhány erőlyes lendületet, mitől gyors forgásnak indul; tegyük fel, hogy a doboz kezdeti gyors járása lassulva, amaz idő, mely alatt két szomszéd fegyverzet mágnesével szembe jut, épen a hangvilla

egy teljes rezgésidejével egyenlő, továbbá az az időpillanat, melyben valamely fegyverzet épen a mágnessel szembe kerül, az áramzárás tartamának középpillanatával egybeesik: akkor a mágneses hatás egy-egy fegyverzet forgását a mágnessarkhoz való közeledésekor annyira gyorsítja, mint a hogy a sarktól való távolodásakor lassítja és a doboz egyenletes forgásban marad. Mint látjuk, a doboz másodpercenkénti fordulatszámát a hangvilla szabályozza, mert az időköz, mely alatt két szomszéd fegyverzet a mágnessarkkal szembe jut, a hangvilla egy teljes rezgésidejével egyenlő. Megjegyzendő, hogy ha arra ügyelünk, hogy a fordulatszám a kézzel való lendítéstől az imént meghatározott rendesnél nagyobb legyen, a szaggatott áram maga tereli a dobozt ütembe (taktusba).

A fonikus kerék érdekes forgásjelenségéről még a következőket emlitem. Tegyük fel, hogy a fegyverzet a mágnessarkkal való szembeállításától a mágneses hatás tartamának középpillanatához képest kissé elmarad; ez esetben a mágneses gyorsító erő a lassítókhöz képest túlnyomóak és a doboz bizonyos szöggyorsulást kap. Viszont, ha a fegyverzet a mágnesi erőt megelőzi, úgy hogy ez csak akkor éri el legnagyobb értékét, ha a fegyverzet a sarktól már kissé eltávolodott, a doboz járása lassul; minthogy a mindenkor legyőzendő csapsurlódás és levegő ellentállása a doboz lassudását okozná, a készülék kívánt egyenletes forgása bekövetkezte esetén a fegyverzetnek a mágnesi hatáshoz képest valamivel el kell maradnia, hogy a mágnesi hatás a sebességet gyorsítani és a mozgásakadályok okozta lassudást kiegyenlíteni tudja. Megeshetik, hogy a fegyverzetnek a mágnesi hatáshoz képest imént említett elmaradásában időszakos változások — ingások — fordulnak elő, melyek a készüléknek számos és szóban levő

alkalmazásakor is zavarók volnának. A szögsebességnek ily változásait kiküszöbölendő, a rekeszekre elosztott dobozt kénésóval töltjük meg; a kénésó tömege, tehetetlenségénél fogva, a doboz szögsebességváltozásait nem követi rögtön, és végeredményben a sebességváltozást csillapítja.

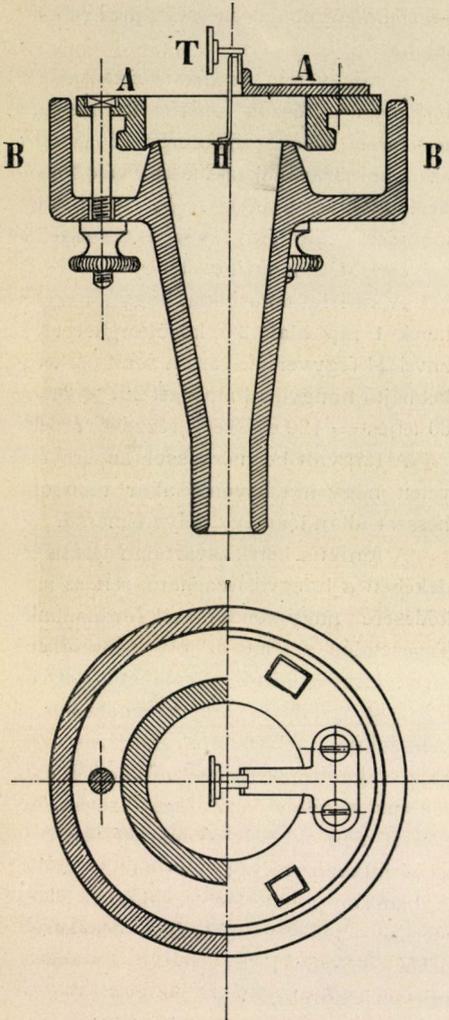
A műgyetem technikai-fizikai laboratoriumában készült fonikus kereken 24 fegyverzet, a sokszögű tükrön 12 lap van; az utóbbi járásának lassítására való fogaskerék-áttevés aránya 1:4; tehát azon idő alatt, míg egy tükör a szomszédja helyére jut, a hangvilla 8 teljes rezgést végez. A kísérlet tanusította, hogy a fonikus kerék 1 mp alatt 2·5 körülforgást tett; mivel 24 fegyverzete van, a fonikus kereket hajtó hangvilla 1 mp alatt  $2·5 \times 24 = 60$  teljes = 120 egyszerű rezgést végzett.

A tárgyalat berendezéssel az ernyőre vetett nagy hullámvonal akár több óra hosszat állandóan egy helyen marad.

A fonikus kerék zavartalan járása érdekében a hangvillaszaggató rendes működésére nagy gondot kell fordítanunk. Tapasztalás szerint az oly záró körben, mely, mint a miénk, sokmenetű elektromágnessel tartalmaz, áramszaggatáskor a megszakítás helyén erős szikrázás van; ez a szaggatónak rendes működését és a fonikus keréknek ettől függő zavartalan járását még akkor is kérdésessé teszi, ha az érintkező helyek platinából valók. A hiányon gyökeresen csakis a szikra megszüntetésével segíthetünk. Ennek régebbi, először Fizea u-tól induktorok primaerje körében alkalmazott és berendezésünkben is teljesen bevált módja, hogy a megszakítás X helyének két oldalához próba útján meghatározandó kapacitású kondenzátort (C) csatolunk.\*

\* Szvetics Emil elektromérnök budapesti elektromechanikai műhelyében a tudományos és gyakorlati célú vizsgálatokban igen jól beváló kondenzátorokat készít.

Nem kevésbé hatásos, igen egyszerű és ezért könnyen összeállítható kis készüléket a szikrázás megszüntetésére magam szerkesztettem; a megszakítás helyének két oldalához feszültségre kapcsolt 3 kis



5. ábra. A feszültségjelző doboz be-  
rendezése.

aluminium-polarizáció elemből álló telep sarkait csatoljuk, ügyelve, hogy az aluminium a pozitív elektród legyen, vagyis a B elektromos forrás pozitív sarkához csatlakozzék. Az alumíniumelem 2 cm

átmérőjű, 8 cm magas üvegcsőben levő 70%-os szódabikarbonát-oldat, a melyben 0.6 cm széles, 6 cm hosszú alumíniumsáv az anód és az ezt körülfogó, kétszer meghajlított vasbádogszáv a katód, a melyket az üvegcső parafadugója tart. Az ilyen alumíniumtelep, szikraoltó hatásában a kondenzátor mögött nem marad el; az a körülmény, hogy használata valami csekély áramfogyasztással jár, kis mérete és egyszerű készítmódja nyújtotta nagyjósága mellett valóban alig jöhet szóba. Ilyen mérésbeli adat pl., hogy mikor a kísérlet folyamán a fonikus kerék osztatlan áramkörében az áramerősség 1.2 ampére, az alumíniumelemeket tartalmazó mellékvezetékben 0.14 ampère.

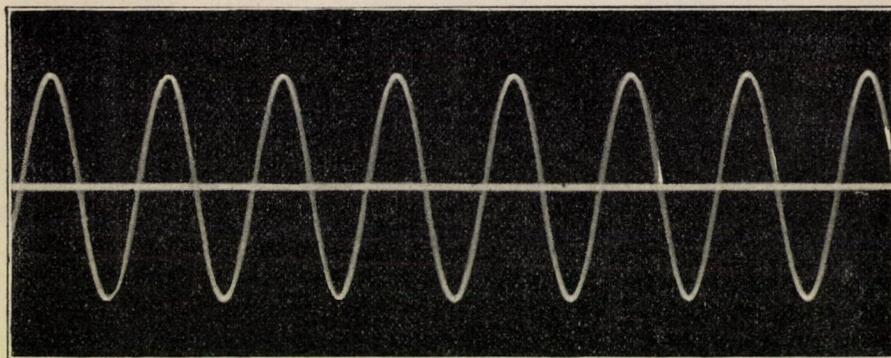
**II. Ajaksípok rezgésjelenségeinek bemutatása.** A megszólaltatott nyitott vagy zárt ajak-(orgona-) sípok belsejében, a hosszrezgéseket végző levegőn az álló hullámok jelenségét tapasztaljuk. A levegő a hullám hegye-völgye helyén sűrűség- vagy feszültségváltozásokat nem árul el; egyéb helyeken időszakos sűrűségváltozások vannak, melyek a csomópont helyén legnagyobb mértékűek.

A levegőoszlop rezgésjelenségeinek vizsgálására, H o p k i n s szerint, az üvegfalú síp belsejébe czérnaszára kötött gyűrűt fedő rugalmas kártyát helyezünk, melyre finom homokot hintettünk. Mikor a hártát csomópont helyére bocsátjuk le, a megszólaltatott síp a homokot nem mozgatja, mert e helyen a rugalmas hártya, felülről és alulról egyenlő és ellenkező értelmű hatásoknak lévén kitéve, nyugalomban marad. Minden más helyen a homok mozgását, tánczát fogjuk megfigyelhetni, mivel a hártát a váltakozó irányú levegőmozgás rezgésben tartja; e rezgés és ennél fogva a homok táncza is legerélyesebb a hullám hegye-völgye helyén.

Szembetűnőbb eredményt ad és ezért általánosan használt e czélra a K ö n i g

Rudolf feltalálta feszültségjelző doboz. Vékony kaucsuk vagy kollodiumhártyából készült rugalmas alaplapja a sípfal csomópontja, illetőleg hegye-völgye helyén ejtett fúrást fűdi; e doboz fedőlapján át a doboz terével két cső közlekedik; az egyik a doboz terébe világító gázt vagy acetilént vezet, a másik cső derékszögben van meghajlítva és arra való, hogy az apró nyílásán kiömlő gázt meggyujtsuk. Mikor a sűrűség, illetőleg a feszültség a síp levegőoszlopának valamely helyén időszakosan változik, a feszültségváltozás az e helyre illesztett rugalmas hárttyát rez-

gésnek indítja, a mitől a doboz térfogata s ennek megfelelően a láng hossza időszakosan megváltozik. Alágnak a levegő, illetőleg hárttya rezgés okozta megváltozott jellemét közvetlen is látjuk; de alakváltozása tisztábban mutatkozik, ha a láng képét függőleges tengely körül forgó sokszögű tükörben nézzük, mely a lángot többé-kevésbé elkülönített, jellemzően fogazott képpé húzza szét. Csomópont helyén a rezgő levegő sűrűség- és feszültségváltozásai legerélyesebbek lévén, e helyen a láng alakváltozásai legjobban előtűnnek. A hegy-völgy helyén a rezgő



6. ábra. Nyílt ajaksíp rezgésének képe.

levegőoszlop sűrűsége és feszültsége nem változván, a láng képét a forgó tükörben síma vízszintes fénysávnak látjuk.

König Rudolf eljárásának módosítása a Kont (Kohn) Gyulától 1874-ben ismertetett közvetlen feszültségjelző láng. Ez alkalommal csupán azt az eljárást ismertetem, melyet Schuller Alajos alkalmazott,\* hogy közvetlen feszültségjelző lánggal az ajaksíp rezgő levegőoszlopát megvizsgálja. A nyitott síp belsejében a megvizsgálendő helyig alul zárt, de ugyanitt oldalt nyílással bíró üvegsövet sülyesztünk, mely fölül kaucsukcső útján, vízszintes apró nyílású

üvegsővel közlekedik; e nyílás közelségébe ugyancsak kis nyílású függőleges csövet teszünk, a melyből kiömlő világító gázt, vagy acetilént meggyujtjuk. Ha a megszólaltatott sípba helyezett cső vége csomópontban van, a lebocsátott cső a levegő feszültségváltozásait tovább adja, és a láng legnagyobb mértékű alakváltozásait a forgó tükörben meglátjuk.

Bartoniek Géza a König-féle feszültségjelző dobozt a síp belsejének vizsgálandó helyére viszi;\* a gáz hozzávezetését a dobozt tartó hosszú üvegső közvetíti, ezzel párvonalas és a doboz terével közlekedő üvegső pedig a sípon

\* Pótfüzetek 1891. évf. 177. lap.

\* Pótfüzetek 1888. évf. 140. lap.

kívül elhelyezett, kiömlésére szolgáló csövecskéhez csatlakozik. A dobozt a síp belsejében különböző helyekre vivén, a kiömlésre szolgáló cső végén meggyújtott láng alakváltozásait a forgó tükörben nézzük.

K u n d t annak a kimutatására, hogy a fődött ajaksíp zárt végén csomópont van, a fedőlaphoz illesztett s a síp belső terével közlekedő három folyadék-manométert használ. Az első manométer, mivel az U-alakú szárában levő folyadék a rövid időközti feszültségváltozásokat tehetlenségénél fogva nem követi, a feszültségkülönbségeket nem mutatja, s a folyadék szintje mindkét szárban ugyanaz. A második manométer a sípfődél felső lapjára illesztett olyan rugalmas szeleppel van elfödve, mely *csakis túlnyomásra*, még pedig fölfelé nyílik; ennél fogva ez a manométer folyadékszintjeinek különbségével belső túlnyomást jelez. A harmadik manométer csőtoldalékát a fődél alsó lapján levő rugalmas szelep zárja, mely csak légritkulásra nyílik; ez a manométer a síp záró lapja mint csomópont helyén *csupán a légritkulást* jelzi.

Bartoniek Géza a Kundt-féle berendezést azzal tökéletesítette,\* hogy a K u n d t-féle szelepeket a síp belsejének vizsgálandó helyére viszi. Erre a célra a szelepeket kis fémhasáb oldalfalainak fúrásain alkalmazza; a hasábot két hosszú párvonalas üvegcső tartja, melyek alúl a légritkulásra, illetőleg sűrűsödésre nyíló szeleppel vannak elfödve, fölül pedig a vízszinteshez hajlott folyadékmanométerekkel kapcsolatosak. Ha a szeleptartó hasábbal a megszólaltatott síp csomópontja helyére érünk, a légritkulást jelző manométer folyadék-szála a kezdetihez képest nagy darabbal feljebb jut, a sűrűsödést jelző folyadék szála pedig a mélyebb hely felé jelez nagy eltolódást.

Saját kísérleti elrendezésemet azzal jel-

lezem, hogy a rezgő levegő feszültségváltozásait előbb *feszültségátvivő*, azután pedig *feszültségjelző* rugalmas hártýára viszem; a feszültségváltozást optikai eljárással nagyított mértékre átvive, egészen három méter magas, vagyis olyan nagy méretű rezgésgörbéket kapok a fényvetítő ernyőjén, hogy a nagy közönség is jól megfigyelheti. A rezgésgörbéket könnyen le is fotografálhatjuk, miként az alábbi néhány képből kitűnik.\*

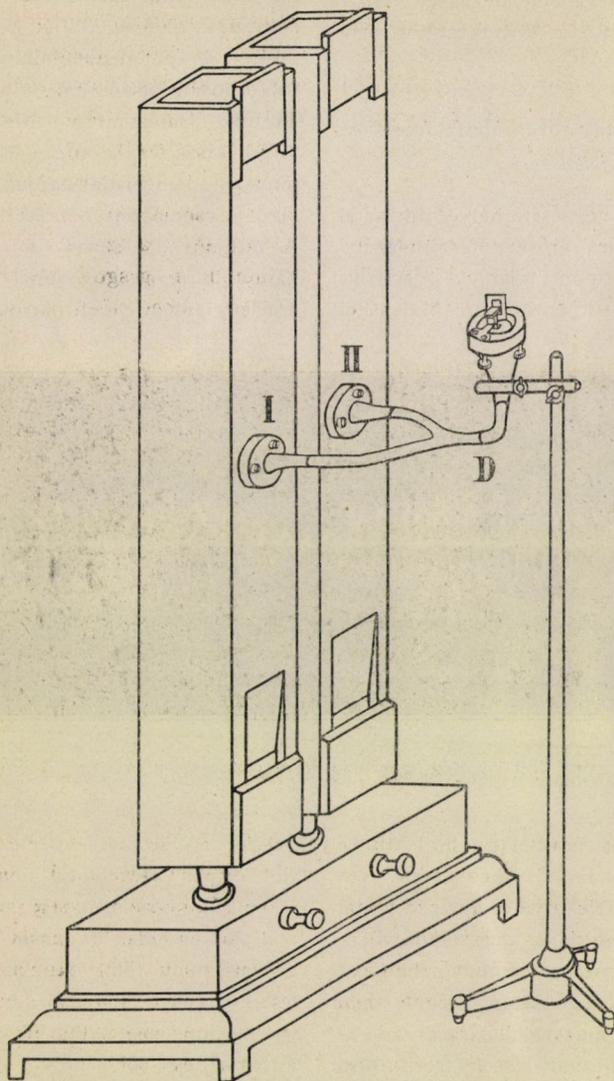
A *feszültségátvivő* a K ö n i g-féle feszültségjelző méreteivel bíró fadóboz, melynek alaplapja vékony kollodiumhártýa; fedőlapjából a doboz terével közlekedő 3 mm belső átmérőjű rövid kausukcső indul ki, mely az alább leírandó feszültségjelző dobozhoz vezet. A feszültségátvivőt a síp falának azon a helyén alkalmazzuk, melyen a feszültségváltozásokat vizsgálni kívánjuk; e helyen a síp falán 10—15 mm széles, 30 mm magas nyílást vágunk, melyet horonyban surlódással föl-alá tolható deszkával elfödünk; e fedődeszka közepén 10—15 mm átmérőjű lyukat fúrunk, melyet az e helyre erősített feszültségátvivő rugalmas alaplapjával elzárunk. A mondottakból nyilvánvaló, hogy a síp levegőjének feszültségváltozásai a feszültségjelző helyén az itt levő rugalmas alaplappal közlődnék és rezgésre késztetik.

Az átvívóval közlekedő *feszültségjelző doboznak* a következő berendezést adtam (5. ábra): A fagyűrűre 30 mm átmérőjű

\* O. D. Ch w o l s o n orosz nyelven irt nagy fizikai tankönyve II. kötetének 1904-ben megjelent német fordításából tudtam meg, hogy Rig o l l o t és Ch a v a n o n a »Journal de Physique« 1883. II. 553. lapján eljárást közöltek »Projection des phénomènes acoustiques« czímen, sípokra vonatkozó nagy méretű rezgésgörbéknél feszültségjelzővel való előállítására. De készülékeim szerkezeti részletei és összeállításaim is, melyeket a Mathem. és Phys. Társulat 1900. április hó 30-iki közgyűlésén kísérletekkel bemutattam, lényegesen különböznek a francia szerzőkétől.

kolloidumhártyát ( $H$ ) ragasztunk; a hártyát a  $B$  doboz belsejéből kiemelkedő, a hártyánál kisebb átmérőjű gyűrűre tesz-

szük úgy, hogy a hártya a doboznak rugalmas fedőlapja. A gyűrűt és a dobozt a gyűrű kerületi pontjához erősített három



7. ábra. Közös feszültségjelzővel ellátott két, egyidejűleg hangzó sip.

csavar tartja össze. Ez összeállítással elérem, hogy a csavarorsókra illő csavaranyákkal a  $H$  hártya feszültségét, saját rezgése idejét és ennélfogva érzékenységét is tágas határok közt változtathatom.

A rugalmas hártyának rezgés okozta kitéréseit halcsontból készített, egyrészt a hártya közepére, másrészt az  $A$  gyűrű hídjára ragasztott könnyű rövidkarú emelőnek nagy szögelfordulására változtatott



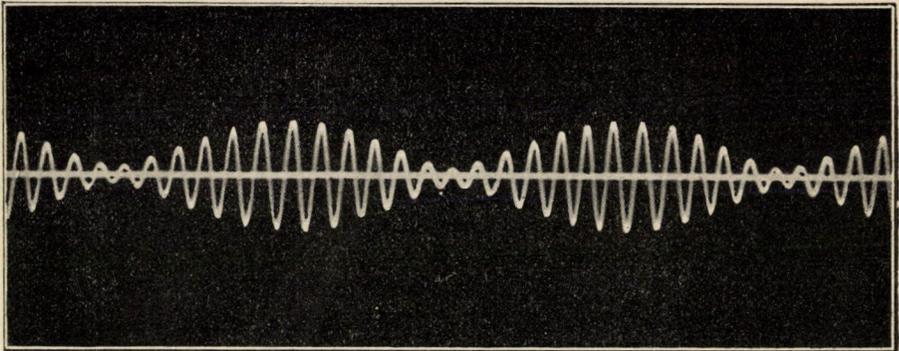
E szögelfordulásban a karra erősített fekvő T-alakú kártyapapírosra ragasztott könnyű síktükör is résztvesz.

Az imént leírt berendezéssel végzett kísérletek közül a következőket emelem ki.

a) *Nyílt vagy zárt ajaksíp levegőoszlopának rezgésjelenségei.*

A kísérlet végzésére helyezzük az eltolható deszkára erősített feszültségátvivőt a síp csomóponti tájára; ez átvívóval a feszültségjelzőt rövid kaucsukcső köti

össze. A jelző doboz tükrére elektromos ívlámpából kiinduló, összeverődővé tett fénynyalábot vetünk, melyet visszaverődés után függőleges tengely körül forgó sokszögű tükörrre, innét pedig ernyőre ejtünk. A sípot megszólaltatva, az ernyőn folytonosan látszó magas hullámvonalat kapunk. Ha az átvívó deszkáját addig toljuk kissé fel-alá, míg a legnagyobb kitérésű hullámvonalat kapjuk, azzal az átvívót a csomópont helyére beigazítottuk. A hullámvonal zérus (idő) vonalát is a hangvilla rezgésgörbéjénél tárgyalt módon egyidőben előállíthatjuk.



8. ábra. Két síp rezgésgörbéje, ha a rezgésszám aránya 23 : 25.

A fotografiai felvétel (6. ábra)  $M_{is} = e'$  másodpercenként 640 egyszerű rezgésű K ö n i g-féle nyílt ajaksípra vonatkozik; alaphangján megszólaltatva, a csomópontját, melyre az átvívót beigazítjuk, a rezgő levegőoszlop közepe táján kapjuk. A síp megszólaltatására való állandó levegőáramot kis elektromórral hajtott centrifugális ventilátor szolgáltatta.

A hegy-völgy helyét az  $e$  tájon fel-alá tolható átvívóval úgy találjuk meg, hogy az állandó feszültségű, vagyis azt a helyet keressük, melyen a kezdetben mutatkozó csekély, magasságú hullámvonal vízszintes egyenessé simul el.

A leírt kísérleteket feszültségátvivő

nélkül, a Schuller-féle eljárás szerint,\* úgy is végezhetők, hogy a síp belsejében különböző mélységre bocsátanók az alul zárt és oldalt nyílással ellátott üvegcsövet, mely fölül kaucsukcső útján a feszültségjelző dobozzal van összekötve. Ily módon megtalálhatjuk a csomópontot és a hegy-völgy helyét.

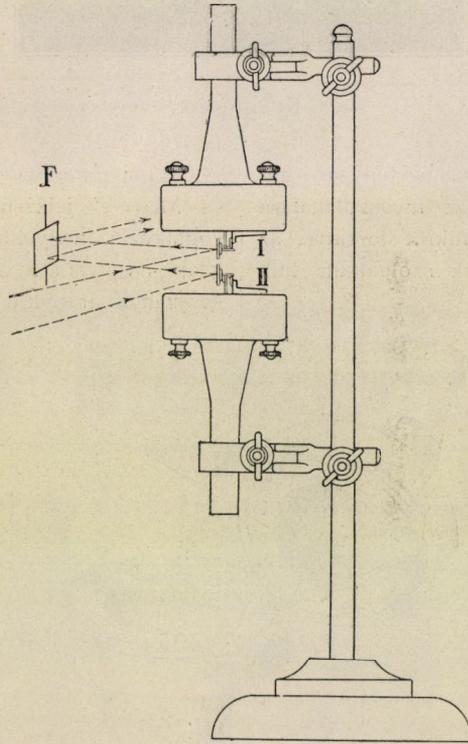
b) *Két síppal végzett kísérletek.*

Két egyidőben hangzó síp eredő rezgésgörbéjének előállítására (7. ábra) a csomópontok helyére vitt átvívókat (I és II) kétágú csővel egyesítjük és közös feszültségjelző dobozzal kötjük össze. Ha

\* Pótfüzetek 1891. évf. 177. lap.

a két síp pontosan egyenlő hangmagasságot ad, az eredő rezgésgörbe az alkotó rezgésgörbék időszakaszával megegyező egyszerű hullámvonal lesz, melyben a kitérések az alkotó rezgések kitéréseinek összegei. Különböző hangmagasságú két síp megszólaltatásakor az eredő össze-tett, időszakos görbe. Ha a két hang ma-

gassága között kis különbség van, azok időszakosan erősítik és gyöngítik egymást és a lüktetésnek nevezett jelenséget halljuk. A fotografiai felvétel (8. ábra) két oly síp eredő rezgésgörbéjét ábrázolja, melyek másodpercenkénti rezgésszámának aránya 23 : 25, mert a magasabb hangot adó síp 25 teljes rezgésére két legkisebb



9. ábra. Jelző dobozok két síp rezgésgörbéjének egyidejű előállítására.

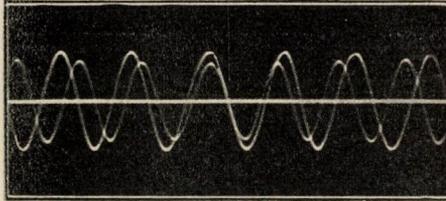
kitérés (hangminimum) jut. Az  $U_{23} = c' = 512$  és  $M_{23} = e' = 640$  egyszerű rezgésű K ö n i g-féle sípok egyikét a nyílás fölé ferdén tett ólomlappal elhangoltam; ezzel a rezgésszámoknak eredeti 20 : 25 arányát 23 : 25-re változtattam.

Módunkban van két síp egyidejű megszólaltatásával származó rezgésgörbékét külön-külön előállítani; erre a célra

mindegyik sípot saját közlő és jelző dobozzal látjuk el (9. ábra). A kísérlet végzésekor az I, II feszültségjelző dobozok tükröit lehető közel helyezzük egymáshoz, úgy hogy közös nyalázból kapjanak fényt; a tükrökről visszavert fényt függőleges tengely körül forgatható  $F$  sokszögű tükörről és innét az ernyőre vetjük. Előkészítés alkalmával a dobozok tükrö-

reit úgy kell beigazítanunk, hogy az ív-  
lámpától megvilágított kerek nyílásnak  
mint tárgynak az ernyőn egymást fedő  
két képét szolgáltatassák, továbbá a dobo-

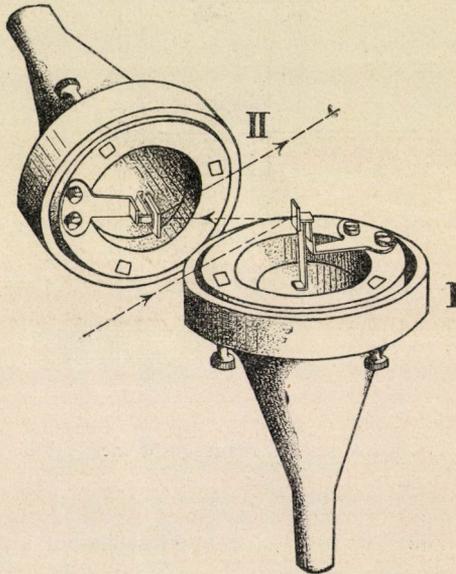
zok tükreinek rezgéstengelyét vízszintesre  
kell állítani, a minek ismertető jele,  
hogy a sípok megszólaltatásakor a hely-  
ben maradó sokszögű tükör az ernyőn



10. ábra. Két síp rezgés-görbéje.

két egymást fedő függőleges fénysávot ad.  
A kísérletben a sípok megszólaltatása  
közben a sokszögű tükört forgatva, az  
ernyőn az egyes sípok szolgáltatata hull-  
lámvonalakat látjuk.

A fotografiai felvétel (10. ábra)  $U_{13} = c'$   
és  $M_{13} = e'$  jelzésű elhangolt sípokra  
vonatkozik, melyekben most a hangma-  
gasság, vagyis a másodpercenkénti rez-  
gésszámok aránya 8 : 9.



11. ábra. Lissajous elrendezésű feszültségjelzők.

Két síp egyidejű megszólaltatásakor  
az eredő rezgés-görbét Lissajous el-  
járása szerint is előállíthatjuk. Mindegyik  
sípot a csomópont helyén feszültségát-  
vivővel, továbbá feszültségjelzővel látjuk

el; az I. jelző doboz (11. ábra) tükre víz-  
szintes, a II. tükre függőleges tengely kö-  
rül rezeghet. Ha az I. tükör síkjára közel  
merőlegesen összeverődő fénynyalábot  
vetünk, mely visszaverődés után a II.

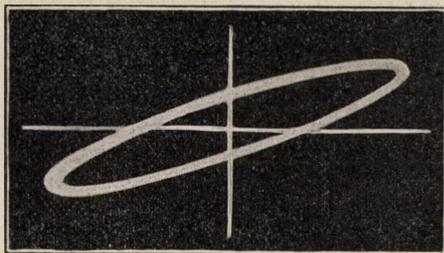
tükörre, végre az ernyőre jut, a két síp egyidejű megszólaltatásakor a két rezgés eredőjét kapjuk.

Egyenlő hangmagasságú sípok ellipszist adnak (12. ábra); az alkotó rezgések fáziskülönbségét az ábrán lemérhetjük.

Mikor a sípok szolgáltatta hangok má-

sodperczenkénti rezgésszámának aránya 4:5, az egymásra merőleges rezgések eredőjét a 13. és 14. ábrán látható fotografiai felvételek adják, melyek csak az alkotó rezgések fáziskülönbségében térnek el egymástól.

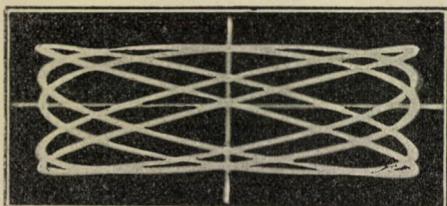
A feszültségjelző doboz nemcsak a közölt vizsgálatokra, hanem mindazon



12. ábra. Egyenlő hangmagasságú sípok eredő rezgés-görbéje.

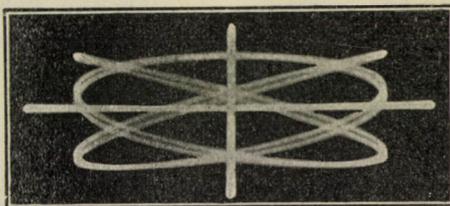
kísérleteknek nagy méretekben való bemutatására alkalmas, melyekre különben a König-féle feszültségjelző lánokat

használják. Így a Quincke-König féle interferencia-eszközre alkalmazva a dobozt, bizonyos hangnak különböző



13. ábra.

Két síp rezgésének eredője. Rezgésszám aránya 4:5.



14. ábra.

gázokban való hullámhosszait, és megfelelően a hangnak különböző gázokban való terjedési sebességét mérhetjük vele.

Az emberi hang, továbbá különböző hangszerek szolgáltatta hang jellemét is nagy méretű vetített időszakos görbéken mutathatjuk be olyképen, hogy a jelző doboz kaucsukcsövének végére tölesért

húzzunk, mely előtt a vizsgálandó hangot keltjük.\*

WITTMANN FERENCZ.

\* Köszönetet mondok e helyütt is Dr. Wartha Vincze professzor úrnak, hogy az itt közölt és más kísérleteimben is igen jó szolgálatot tevő nagy fényvetítő készülékét korlátlanul rendelkezésemre bocsátani szíves volt.

## A gravitáció és kohézió okáról.\*

A gravitáció okát az anyag belső sajátságaiban kell keresnünk; ebben találjuk meg majd a mindenség magyarázatát is.

A mai nézetek szerint, melyek Leukipposz-ig, Demokritosz-ig és az atomokat föltételező bölcészek egész iskolájáig nyúlnak vissza, a molekulák és az atomok különböző mozgásokat végeznek és az anyagot, mely észrevehetőleg semmiféle változásnak sincs alávetve, ezt az úgynevezett tétlen anyagot, erélyes mozgások éltetik.

A molekulában, a mely kicsiben valóságos bolygórendszer, minden alkotó atom rezgő vagy keringő mozgást végez, továbbá a saját tengelye körül forog; maga a molekula nálánál nagyobbak lehet része, a mely körül épen olyan mozgásokat végez, s ezek megegyeznek az égi testek mozgásaival. Mind a két mozgás: a keringés és a forgás érvényesül és ebben rejlik minden földi energia forrása.

A keringésen vagy rezgésen alapszik a hő és fény; a forgásnak eddig még nem tulajdonítottak semmiféle fontosságot; pedig úgy látszik, hogy ez a legfontosabb s ezúttal csakis ezzel akarunk foglalkozni.

\* A. Despaux a »Revue Scientifique« 1903. és 1904. évfolyamában több értekezést tett közzé, melyekben a különböző energiaformák egységes magyarázatára törekszik. Az alábbiakban a gravitáció és kohézió okáról szóló fejtegetéseit adjuk.

Gondoljunk csak oly testre, mely a Föld felszínén nyugszik.

Ez a test alá van vetve a földtömeg és saját tömege vonzásának. A benne rejlő molekuláris energiák ugyan jelenlétekenyek, de a test azért nyugalomban marad; kifelé nem is nyilvánít semmiféle hatást, a mi csak úgy lehetséges, hogy az energiák egymást ellensúlyozzák, közönyösítik a belsejében, a mi ezután kétféle módon történhetik. Föltételezhetjük, hogy az egyensúlyt a molekulák minden irányban való rendezkedése okozza, úgy hogy az egyik irányban épen annyi molekula van, mint egy másikban. Az egyensúly tehát a véletlentől függ. Ennek a véletlennek minden testre nézve ismétlődni kellene, a mi valószínűtlenné teszi a dolgot; a véletlen különben is csak kifejezés, pedig minden, a mi történik, törvények szerint megy végbe s a törvények csak a molekulák mozgásának és szerkezetének szükségszerű következményei.

A molekuláknak tehát a testekben, bármilyen alakúak is legyenek, bizonyos rendszeres módon kell elhelyezkedve lenniök s mi azt állítjuk, hogy a testek nehézségi középpontja, — súlypontja — felé vannak rendezkedve.

Vizsgáljunk csak meg figyelemmel valamely higanycseppet. Ez a csepp két lényeges hatásnak van alávetve: hat reá a Föld nehézségereje és a saját tömege. A nehézségerő itt szinte elenyésző a higany tömegének vonzásához képest; hiszen a higany gömbalakot ölt, mert

molekulái a súlypont felé irányozódnak. Ha jól megfigyeljük a cseppet, észrevehetjük, hogy gyengén lapult, mert minden molekulára függőleges irányban hat a nehézségerő s ez a lapultság annál észrevehetőbb, minél nagyobb a csepp s a távolabbi molekulák kevésbé vonzódnak a súlypont felé. A cseppre hat még az összes környező testek vonzása is, de ez elhanyagolhatóan csekély.

Itt azt lehet ellenvetni, hogy a folyékony cseppben lehetséges ugyan efféle elrendezkedés a súlypont felé, de a szilárd testben semmiképen sem mutatkozik ilyen irányítás; ez igaz ugyan, mindamellettt fenntartjuk az állítást. Mert igaz ugyan, hogy a molekulákat a kohézió szilárd helyzetekben rögzíti meg, de ne feledjük el, hogy minden irányban éter veszi őket körül és így irányításuk szempontjából szabadok. Így kis darabka megfagyott alaktalan higany rögtön gömbalakot ölt, mihelyt megolvadt és a kohézió ereje gyengült. A testek molekulái tehát minden esetben rendeződnek a test belsejében, a mi csak úgy történhetik, hogy minden irányban egyensúlyozzák egymást. Ha ez az egyensúly bármi okból megzavartatik, ha egyes molekulák a láncolatot megszakítják és kifelé rendezkednek, a mágnesség, elektromosság vagy radioaktivitás energiájának jelenségei mutatkoznak; nagyon valószínű ugyanis, hogy ezek ugyanazon energiafajhoz tartoznak.

E nézetet kísérleti adatok és eredmények is támogatják. Ha ugyanis vízben kis turbinát helyezünk el vízszintesen, a forgó turbina előre és oldalt kitérőleg hajtja a vizet, hátul pedig szívó hatása van. Ez folytonos áramlást idéz elő és a víz-szálak elhelyezkedése egészen olyan, mint a mágnes-rúd mezejében a mágneses erővonalaké, ha elül a pozitív sarkot képzeljük (ez taszító hatású), hátul pedig a negatív sarkot (vonzó). Ha

két turbinát helyezünk el egymás mögött egy vonalban s ezek egyértelműleg forognak, akkor az első turbina hátulsó, szívó része felveszi a második turbinától eltaszított víztömeget s az egész jelenség ugyanolyan, mint a milyen egy turbina esetében volt. Ez két mágnesrúd esetének felel meg, melyek ellenkező sarkokkal fordulnak egymás felé s egymás mögött ugyanazon vonalban helyezkednek el. Ha ellenben a két turbina forgása ellenkező értelmű, úgy, hogy az első turbinának taszító hatású része szemben áll a másodiknak ugyanolyan részével, akkor a víztömegek torlódnak, egymást félretolják, épen úgy, mint a hogyan a vasreszelék helyezkedik el egymasmű mágnessarkok között. Ha most visszatérünk a molekulákra s forgó mozgásban levőknek tekintjük őket, akkor a molekula és turbina között a különbség csak az, hogy a molekula az éterben végzi forgó mozgását.

*A kohézió.* A mi cseppünkben, a melyben a higany atómjai és molekulái forgó mozgást végeznek, az anyag szerkezete alapján, elméletünk szerint a pozitív (taszító, hajtó) sarkok a negatív (vonzó, szívó) sarkokkal vannak szemben, mivel mind a súlypont felé irányulnak s így forgásuk mind egyértelmű. Ez elemi részecskék tehát oly helyzetben vannak, mint az olyan mágnesek, melyek ellenkező sarkaikkal fordulnak egymás felé; a részecskék tehát vonzzák egymást.

Ebből bátran vonhatjuk azt a következtetést, hogy a kohéziót az elemi részecskék ellenkező sarkainak vonzása okozza, illetőleg hogy a mely testben kohézió van, abban a részecskék ellenkező sarkaikkal fordulnak egymás felé (az előbb fejtegetett értelemben).

Ha ez így van, nyilvánvaló, hogy a kohézió csak ott érvényesülhet, a hol a molekulák nagyon közel esnek egymás-

hoz, ha az őket körülvevő éterburkolaton belül helyezkednek el, a mely burkolat nagyon korlátolt terjedelmű. Ha a részecskék kissé jobban távolodnak, a kohézió már megszűnik; így pl. jégen a gyémánt karczolására elegendő a részecskék ilyen eltávolodására. A kohézió tehát nem lehet olyan rendű végtelen kicsi, mint a gravitáció. Ennek hatása a távolság négyzete szerint fogy; a csökkenés tehát fokozatos. Ámde a kohézió hirtelen szűnik meg; aczéldrót, melynek átmérője egy milliméter, csak mintegy 40 kg megterhelésre szakad el; ha ellenben elvágjuk, a kohézió egyszerre megszűnik, bármily közel hozzuk is egymáshoz az elvágott részeket. Azonfelül, ha a kohézió a tömegtől függne, erősebb volna valamely nagy méretű testben, mint kicsiben. Mivel nem változik ily értelemben, hatása csak molekuláról molekulára terjedhet; okozója nyilván az egyik molekulának az éter közbevetésével a másikra való vonzása.

Ebből látható, hogy a kohézió nem lehetséges a gázokban, mert itt a molekulák szabadon mozoghatnak; a helyett, hogy szilárd turbina módjára előre mozgathatnák az éttert, ők maguk mozognak előre madár, vagy hal módjára.

A gyermekek pillangójátéka alkalmas arra, hogy mint csavar, vagy turbina viselkedhessék. Ha forgó mozgásnak indítjuk, de kézben tartjuk, a levegőt eltolja maga előtt; ilyen működésű a forgó csavarral ellátott szelelő-készülék. Ha azonban szabadon bocsátjuk, a csavar vagy pillangó fölemelkedik és repül; a levegőt nem tolja már előre, hanem maga halad előre.

Szilárd vagy folyékony testben a forgó mozgásban levő molekula rögzítve van, tehát taszit és vonz (szí); ennek eredménye a kohézió. A gázokban a molekula teljesen szabad; nem vonz többé, hanem jelentékeny sebességgel

halad előre. A hidrogén molekulájának ez a sebessége másodpercenként 1841 méter; ez a haladó mozgás az alapja a gázok összes sajátságainak.

Ha gázt összenyomnak, molekulái közelednek egymáshoz és így veszítenek sebességökből. Vajjon mi lesz ennek következménye?

Ha a propeller szabadon mozoghat, a csavar forgása előre viszi, tehát halad, mint a gázmolekula.

Ha a mozgást valami akadályozza, pl. a hajó túlságosan meg van terhelve, a csavar hatása megoszlik; a hajó kevésbé halad, de helyette beáll a víz előretolása is. Ha a hajó teljesen mozdulatlan, a csavar működése tisztán a víz szívásában és tasztításában nyilvánul. Az így alakult tér teljesen hasonló valamely egyenes mágnes mezejéhez.

Ugyanaz történik az összenyomott gázban. Bizonyos időponttól kezdve a gázmolekulák haladó mozgása meg levén akadályozva, mindegyik molekula külön áramot kezd kibocsátani s ettől kezdve a Mariotte-féle törvény veszít érvényességéből; a nyomás növekedtével az áramok hevesebbek s végre elérkezik az a pillanat, a midőn beáll a kritikus állapot, a melyben a molekulák megmaradnak vonzó szféráikban. A kohézió akkor megszüntette a gázmolekulák függetlenségét.

A molekulákilyetén közeledésének más hatása is van, a melyet nem mellőzhetünk hallgatással. A molekulák haladó mozgása, mely a gázállapotban jelentékeny volt, megszűnt, de, hogy meg is semmisült, azt nem kell gondolnunk; ez a mozgás egyszerűen átalakult keringő és forgó mozgássá, a nélkül, hogy az energia-készlet összegében változott volna. Mert ezek a forgó és keringő mozgások idézik elő a meleget s ez az oka annak, hogy az összenyomott gáz fölmelegszik. Mindaddig semmi sem veszett el az anyag energiájából; de mihelyt az összenyomás

meleget kezd fejleszteni, ez utóbbi a körülvevő közegben szétszóródván, a gáz csakugyan veszít energiájából. Ez okból lehet állítani, hogy a folyadék kevesebb energiát rejt magában, mint a gáz, a melyből keletkezett.

Akohéziónak e magyarázata egy másik tüneménycsoport nyomára vezet, t. i. a *kapillaritáséra*, mely csak különös esete a kohéziónak.

Megint a higancseppen kezdhetjük. Ha egy cseppet kettévágunk, két csepp képződik s mindegyiknek molekulái külön súlypont felé levén irányítva, egymástól elfordulnak. Ezek a molekulák nem is keverednek, hanem egymástól bizonyos távolságban vannak lekötvé, mint két mágnes, ha egynevű sarkukat fordítjuk egymás felé. A cseppet körülvevő, taszító hatású éterburkolat a felszíni feszültség okának tekinthető, a mely például megakadályozza, hogy víz ugyanolyan sűrű olajjal keveredjék.

Ha a higany üvegcsőben foglal helyet, a higany nem nedvesíti meg az üveget, a mi azt jelenti, hogy a molekulák nem egyesülnek s egymástól elfordulnak; a pozitív sark a pozitív sarkkal van szemben s innen a taszítás. Mivel az üveg molekulája helyhez kötött, a taszítás teljes hatása észlelhető a higanyon s a kerületen levő molekulák domború meniszkuszt alkotnak. Ha a cső szűk, a molekulák mind taszítatnak s az eredmény a szintáj süllyedése.

Azt is el lehetne képzelni, hogy az üveg és a higany molekulái mágneses, illetőleg diamágneses sajátágúak; tudvalevő, hogy ilyen molekulák egymást taszítják, mint a vas és a bizmut. De ez a magyarázat kevésbé világos, mint az előbbi s a diamágnesség magyarázatába itt nem bocsátkozhatunk.

Ha az előbbi esettel ellentétben a folyadék megnedvesíti az üveget, kohézió, vonzás áll be a kerületen levő molekulák-

ban, a meniszkusz homorú s a folyadék a szűk csőben fölemelkedik.

Mindezen különböző jelenségek, a kohézió, a gázak alkata, a kapillaritás, megmagyarázhatók a molekula egyféle mozgásával, a forgással, melyet taszító hatásúnak kell tekintenünk.

Eddig két molekula összes kölcsönös helyzetét vettük figyelembe, kivéve azt, hogy két negatív vagy szívó sark kerül egymással szemben. Az ellenkező sarkok szembenállása okozta a kohéziót, a két pozitív sark egymással szemben eredményezte a felületi feszültséget és kapillaritást.

Két negatív sark szembenállása oka az affinitásnak. Ezt az igen fontos esetet itt nem fogjuk tárgyalni; de ez az osztályozás mindenesetre észszerű, a mennyiben az energiákat mind ugyanazon okra vezeti vissza.

*A gravitáció.* Kérdés, hogyan magyarázhatjuk meg a gravitációt a molekulák forgó mozgásából? Itt nem az igen szűk hatáskörű molekulák okozta áramlásokra vagy mezőkre, hanem a hullámokra kell támaszkodnunk. Az ismert folyékony testek, akár folyadékok, akár gázok, két, egymástól nagyon különböző hatásra termettek reá: elfolyhatnak s így energia keletkezésére adhatnak okot, de egyúttal hullámok is keletkezhetnek bennök, a nélkül, hogy saját molekuláik tovahaladnának s így az energiát átszállíthatják a távolba. Szóval, vagy közvetlen hatói az energiának, vagy közreműködnek az átvitelben.

Folyékony testben mindig mind a két hatás érvényesül; a levegő továbbítja a hanghullámokat, miközben a szélalom karjait forgatja; a folyadék áramlása, mozgása semmi akadályt sem alkot a hullámokra nézve.

Az éter, mely csak harmadik fajtája a folyadékoknak s a melynek végtelen finomságán kívül semmiféle különös sa-

játságot sem tulajdonítunk, ez az éter szintén tud hatni áramlásával s ily módon vesz részt a mágnesség, statikai vagy dinamikai elektromosság összes jelenségeiben, sőt még a kohézió és kapillaritás tünetényeiben is, melyeket az imént vizsgáltunk. Ámde az éter egyúttal vivője, hordozója a hullámoknak is, mint a fény- és hőhullámoknak, melyek a nekik átadott molekuláris mozgást a távolba átviszik.

Azt állítjuk, hogy az éter továbbítja a nehézségokozó hullámokat is.

Ha víz felületén valami mozgást létesítünk, köralakú hullámot látunk keletkezni, mely folyton nagyobbodva halad tova; ez a hullám a valóságban gömbszerű, de mi csak a víz felületével való metszését látjuk. Mivel a hullám gömbalakú, ebből a towaterjedésre nézve az következik, hogy reá a távolság négyzetével való visszas arányosság törvénye érvényes. Ha csak egyszer hatunk a vízfelületre, egy hullám keletkezik; ha a hatás ütemszerű, a következő hullám is az. A hő- és fényrezgés is ilyen természetű; vajjon a molekula forgó mozgása nem okozhatna ugyanilyen eredményt?

Ezt megengedve, próbáljuk megérteni, mi történik a mi kis higanycseppünkben, a melyben a molekulák a középpont felé irányulnak. Mindegyikből gömbszerű hullámok indulnak ki a forgó mozgás következtében, a melyek egyközepűek; eredőjük szintén gömhullám s a támadás pontja a súlypont, a mi egyúttal a súlypont meghatározása is.

Növeljük meg a cseppecske méreteit a Föld méreteire; itt is a súlypont felé fognak a molekulák irányulni. Maga a Föld is folyékony csepp volt annak idejében, mely most megszilárdult, legalább a felületén; de azért elfogadhatjuk, hogy a részecskék irányulása ugyanaz maradt.

Ha a Föld felszínén súlylyal megterhelt

fonalakat függesztünk fel egymás mellett, ezek mind a középpont felé irányulnak, ha pedig a fonalak helyett hosszabb testeket alkalmazunk, a nehézség iránya a meghosszabbításával egyező; ámde a mi molekulánk nem más, mint elemi test, hosszúsággal ellátva s ez ép úgy fog a Föld középpontja felé irányulni, mint a súlylyal megterhelt fonál, a mely minden irányban szabadon lenghet.

Ha a földi, nehézségokozó hullámok a térben szigetelt molekulára találnak, ez a földi hullám irányítani fogja ezt a molekulát s ha ez megtörtént, a molekula saját haladó mozgása következtében fog a Föld felé közeledni, sőt a molekula a Földre fog esni, ha nem volt már előzetesen is más irányú haladó mozgása; ebben az esetben az eredő mozgás görbe pályájú, mint a milyen a bolygóké.

Ime, ez történik szigetelt molekulával; hát midőn a Holdról van szó?

Ha a Hold egyedül volna a térben, az ő molekulái súlypontja felé volnának irányítva s a Hold a maga egyedüli haladó mozgását folytatná. De mihelyt a molekulák a Földi nehézségerő hullámai érik, könnyen a Föld felé irányítatnak és a hatás nagysága következtében az összes irányítások eredője a Földön keresztül fog haladni, s a Hold molekulái ez eredő értelmében fogják mozgásukat végezni.

Ha a Hold messzebb volna a Földtől, molekuláinak irányítása csekélyebb s maga a vonzás is az volna. Gravitáció esetében tehát a vonzó test többé-kevésbé hatásos hullámokat bocsát ki s ez alkotja tömegének mértékét. Ezek a hullámok a hatást szenvedő molekulákra irányító hatással vannak s a vonzott test molekulái maguk közelednek a vonzó testhez; e közeledés nagysága függ az okozott eltérés nagyságától.

A gravitációnak illetően magyarázata nem támaszkodik másra, mint az anyag

szerkezetére s érdeme, hogy megegyezik a mágneses és elektromos jelenségek magyarázatával, mely az atómkok vagy molekulák ugyanazon minőségére van alapítva. Ezek a vonzást létesítő energiák kapcsolatosak a hővel és fényvel, a mennyiben egyedül molekuláris mozgásokon alapulnak.

Egyike azon okoknak, melyek lehetővé teszik, hogy a gravitáció a hővel és fényvel megegyezőleg gömbalakú hullámokban terjed tova, az, hogy az utóbbiakkal együtt a távolság négyzetével gyöngül; az eredménynek e hasonlatossága hathatós támaszték az okok hasonlatossága mellett.

A molekuláris mozgások az éterben keletkeznek; ámde ez a folyékony test, habár rendkívül finom, ellenállást fejt ki a molekuláris mozgásokkal szemben, melyeknek végre is meg kell szünniök. Ez világos és el is fogadták a hő- és fényrezgéseket illetőleg; a bolygók kihültek, legalább a felszínökön és a Nap melege is gyengül. Ugyanez áll kétségtelenül tömegéről, valamint a kohézióról is. Az újabb fölfedezések bebizonyították, hogy alacsony hőmérsékleten a kémiai vonzás nagyon gyenge; így pl. a kálium, mely oly erősen vonzódik az oxigénhez, hogy a vizet rendes hőmérsékleten hevesen felbontja, hatástalan marad a folyékony oxigénben.

Igy tehát nem merész a következtetés, hogy a világtér összes teste elemi részeikre bomlanak majd fel s az őket alkotó elemek eredeti alakjukban kerülnek vissza a térbe s ez nem lehet más, mint az éter.

A gyengülésnek ezt a föltevését támogatja az a körülmény is, hogy az a négy bolygó, mely a Naptól legrégebben vált el, a legtávolabbi és így a leghidegebb is: a Jupiter, Saturnus, Uranus és Neptunus négyszer oly csekély tömegű, mint az alsóbb bolygók, viszonyítva térfogatukhoz.

De ha megállapítjuk, hogy az égi testek energiája szétszóródik az őket környező térbe, azért semmiképen sem állítjuk, hogy egészen elvész; ellenkezőleg azt gondoljuk, hogy az energia megmaradásának elve nem szorítkozik a Földre, sem csupán a naprendszerre, hanem az egész világegyetemre kiterjed.

Vajjon mivé lesz a naprendszer energiája, ha elvesztette a melegét és vonzását? Ez ugyan nagyon messzefekvő állapot, de nem hagyhatjuk figyelmen kívül.

A Nap melege, hogy csak erről szólnunk, éterhullámokban terjed tova. E hullámoknak mérhető idő kell, hogy elérjék a bolygókat, a melyeket fölmelegítenek. Vajjon mi lesz e közben a bennök rejlő energiából? Mivé lett végre, ha útközben nem találkozott anyagi részecskével? Az energia csak a hullámokban lehet elrejtve.

Bizonyára a hullámzó mozgású éter gyűjti össze a mindenfelől szétszórott energiát s halmozza össze azt a készletet, a melyből a jövő idők égi testeinek fognak meríteni.

Newton, Buffon, Kant elismerte annak szükségességét, hogy az égi testek végre elemekre bomljanak és nem természetes-e, hogy a mi születik, az meg is hal?

Az égi testekre nézve a viszonyok olyanok, mint az élő lényekre nézve. Az élő lény sejten kezdődik, mely körül a környezetből vett anyagok csoportosulnak: e nagyon csekélyszámú anyag segítségével az élő test nagyszámú, kémiai új molekulát hoz létre, melyek az ásványországban hiányzanak; energia keletkezik, hőmérséklet, mely sokkal magasabb, mint a környezeté, s ez az új lény, mely úgyszólván önállóan jön létre, bizonytalan egyensúlyban él a környezettel, majd széjjelválik és energiája és anyaga visszatér a környezetbe, hol minden elem állandó összetételben foglalja vissza helyét, a honnan kilépett volt. Égi test úgy visel-

kedik, mint valami élő lény: valamely ködalkú anyag molekuláiból veszi kezdetét; ez összehúzódván, meleget fejleszt s egyúttal gravitációt is, mihelyt új chemiai anyagok keletkeznek. A növekedést követi a hanyatlás, majd az aggkor és a halál: a mesterségesen keletkező és egyesített molekulák széjjelválnak, hogy eredeti állapotukba térjenek vissza a térbe, a melyből valók.

A természetes halálnak illetén gondolata több olyan tudóst is foglalkoztatott, kik elfogadják az égi testek anyagának el nem pusztítható voltát. Így Kant, Tyndall, Flammarion föltételezi, hogy a kialudt napok találkozni fognak s ütközés következtében olyan hőmérséklet fog keletkezni, hogy e testek ismét ködalkú állapotba kerülnek s ezzel új égi testek alapanyagává válnak.

Csak hogy ilyen eseményeket nem tekinthetni az újjászületés rendes formáinak; a természet nem kedveli a katasztrófákat s maga a tudomány is visszautasítja őket. A geológiában, paleontológiában

folismertük, hogy minden lassú fejlődéssel keletkezett.

Az élet ősz-organizmusokkal kezdődött és mi fejlődésének menetét követjük azon maradványokban, melyeket a mult meghagyott.

A molekula, sőt még az atom is fejlődik és a különböző testek atómjai, melyeket egyszerűeknek tekintünk, maguk is kétségtelenül valamely egyetlen ősi atómból keletkeztek, a mely valószínűleg sőt bizonyosan az éter.

A színképelemzés megerősíti ezt a nézetet; bebizonyítja, hogy az Orion köde csak hidrogént és nitrogént tartalmaz. A fehérfényű álló csillagokban, melyek hőmérséklete a legmagasabb, csak szabad hidrogént és magnéziumot találunk; a sárgafényű álló csillagokban, melyek a lehülés oly állapotában vannak, mint a mi Napunk, fölismertethők a fémek, de csak kevés metalloid. Végre a még csekélyebb hőmérsékletű csillagok, mint a Hercules  $\alpha$ -ja, metalloidokat tartalmaznak. ép úgy, mint a mi naprendszerünk bolygói.

CSEMEZ JÓZSEF.

## TERMÉSZETTUDOMÁNYI MOZGALMAK.

Kapcsolat Izland és Európa időjárása között tél idején. Régi vélemény, hogy az Atlanti-óceán nagy hatással van Európára, kiváltképen északnyugoti tartományaira; hogy télen emeli, nyáron csökkenti a hőmérsékletet, mivel télen melegebb, nyáron meg hűvösebb, mint a szárazföld. De az óceán vize önmagában véve nem fejthet ki illetén hatást, hanem csak úgy, hogy vizének hőmérsékletét a szél a szárazföld felé szállítja.

A szél oda tart, a hol alacsonyabb a levegő nyomása; minthogy pedig e nyomás alacsonyabb a tengeren, mint a szárazföldön, ennél fogva az uralkodó légáramlatnak akkor a szárazföldről a tenger

felé kell tartania. Ámde, ha így van a dolog, akkor meg a szárazföld nem érezheti tél idején az Atlanti-óceán vizének melegítő hatását. És az általános vélemény mégis az, hogy Európa északnyugoti tartományai télen az Atlanti-óceán melegítő hatása alatt állanak.

A meteorológiai adatok\* talán ellentmondanak a közvéleménynek? Nem, sőt megerősítik, hanem egyúttal némi ma-

\* A felhasznált adatok a következő munkákból valók: Hann, Anomalien der Witterung. Wien, 1904. és Luftdruck 1887; Róna Zsigmond, A légnyomás a Magyar birodalomban; Róna és Fraunhofer, Magyarország hőmérsékleti viszonyai.

gyarázattal is szolgálnak, a mennyiben elmondják, hogy az Atlanti-óceán alacsony légnyomású képződményei, a depressziók, kelet-északkelet felé tartanak. Eleinte a szél a szárazföldről fú, délkelet-dél felől, utóbb azonban délnyugotnyugot felől; ennek az utóbbi áramlatnak köszönik Európa északnyugoti tartományai, hogy télen a tenger vizének melegét a szárazföldre hajtja.

Nem a meleg Golf-áramlat, nem a tenger vizének magas hőfoka hat melegítőleg Északnyugoti-Európában, hanem az ott keletkező légnyomásbeli depressziók jobb oldalán fúvó délnyugoti és nyugoti szelek viszik az Atlanti-óceán melegét a hűvös szárazföldre tél idején.

Minél beljebb megyünk a szárazföldre, az atlanti-óceáni depressziók hatása annál inkább gyengül. A légnyomás természetesen növekedik befelé haladva, a hőmérséklet pedig fogy. Így például Stykkisholmban, Izland szigetén, januáriusban az 1851—1880. időszakban 746·5 millimétert tett a légnyomás, Kopenhágában 761·1, Árvaváralján 766·2 mm-t. Az 1871—1900. időszakban a januáriusi hőmérséklet a tenger színén Stykkisholmban —2·2, Árvaváralján —2·9 fok volt.

Az Atlanti-óceánon, Izland körül, egész évben alacsony ugyan a légnyomás, de kivált télen, a gyakori légnyomásbeli depressziók miatt. Az izlandi légnyomásbeli minimum egyik gócpontja a légnyomásbeli depresszióknak, azért nagy hírnévre is vergődött a meteorológusok előtt. Izland meteorológiája bizonyos kapcsolatban van az európai viszonyokkal, de visszás értelemben. Mikor Izlandban a rendesnél nagyobb a nyomás, Európa nyugoti vidékén a rendesnél kisebb szokott lenni és megfordítva; a hőmérséklet, sőt a csapadék is némileg ellenkezőleg alakul Izlandon, mint Európa északnyugoti tartományáiban.

H a n n 50 éves (1851—1900) följegyzések alapján e dolgot tanulmány tárgyává tette; még pedig a légnyomást Stykkisholm, Bruxelles, Bécs, a hőmérsékletet Stykkisholm, Greenwich, Bruxelles, Bécs, a csapadékot Stykkisholm, Bruxelles adataira támaszkodva. Az egyes évek havi átlagait szem előtt tartva, arra az eredményre jutott, hogy az eltérések az ötven éves értéktől többnyire ellenkezőleg alakulnak a megnevezett európai állomásokon, mint Stykkisholmban.

Az ellenkező eltérés valószínűsége a légnyomásban a következő:

| Decz. | Jan. | Febr. | Tél  |
|-------|------|-------|------|
| 0·80  | 0·58 | 0·74  | 0·70 |

100 esetben tehát 70-szer megtörténik, hogy Európában a légnyomás az 50 éves átlagnál nagyobb, midőn Stykkisholmban kisebb.

A hőmérsékletben az ellenkező eltérés valószínűsége Stykkisholm s a három európai állomás között jóval kisebb, a három téli hónapban csak 0·56.

Sokkal nagyobb annak a valószínűsége, hogy ha Stykkisholmban a légnyomás a normálison alul van, a hőmérséklet a három európai állomáson a szokott értéken felül áll. Ennek a valószínűsége a következő:

| Decz. | Jan. | Febr. | Tél  |
|-------|------|-------|------|
| 0·90  | 0·71 | 0·84  | 0·82 |

Mikor Stykkisholmban a légnyomás az 50 éves átlagnál nagyobb, a három európai állomáson a hőmérséklet a normálison alul van. A valószínűség ez:

| Decz. | Jan. | Febr. | Tél  |
|-------|------|-------|------|
| 0·74  | 0·82 | 0·64  | 0·73 |

Mikor tehát Izland körül a téli alacsony légnyomás a szokottnál is alacsonyabbá válik, Európa nyugoti vidékén a hőmérséklet fokozódik; ellenkezőleg történik, mikor Stykkisholmban a barométer télen a szokottnál magasabbra emelkedik s az ottani barométerminimum veszт mély-

ségéből. Hogy mennyiben jár ez együtt a tenger vízének hőmérsékleti változásaival, arra nézve is van már némi támasztékunk. Ha ugyanis a légnyomás minimuma intenzívebb, a szél is annál gyorsabb s így a tenger vize, a Golf-áramlat, a szokottnál melegebbé válik, mivel az egyenlítő felől gyorsabban áramlik; ellenkezőleg történik minden, mihelyt az izlandi barométerminimum gyengül.

Annak a valószínűsége, hogy Bruxellesben télen a rendesnél több a csapadék, midőn Stykkisholmban a normálisnál kevesebb esik, vagy megfordítva, egyenlő 0·68-al.

| Légnyomásnál:  | Decz. | Jan. | Febr. | Tél  |
|--|-------|------|-------|------|
| Stykkisholm +  | 0·75  | 0·65 | 0·55  | 0·65 |
| Árvav., N.-Szeben +  |       |      |       |      |
| Stykkisholm —  | 0·72  | 0·63 | 0·59  | 0·65 |
| Árvav., N.-Szeben —  |       |      |       |      |
| Hőmérsékletnél:  | Decz. | Jan. | Febr. | Tél  |
| Árvaváralján és Nagy-Szebenben ellenkezőleg, mint Stykkisholmban | 0·67  | 0·63 | 0·55  | 0·62 |

A légnyomásban kisebb az ellenkező eltérés valószínűsége nálunk, mint a fentebb említett két állomáson, Bruxellesben és Bécsben, Stykkisholmmal szemben, de a hőmérsékletben valamivel nagyobb. És ha Árvaváralját Nagy-Szebennel mérjük össze, akkor is áll az, hogy a téli légnyomás 40 év alatt gyakrabban (89<sup>0</sup>/<sub>0</sub>)

Az év többi három évszakában nem oly feltűnő a kapcsolat az ellenkező viselkedésre Izland és Európa között, de általában megvan akkor is, csakhogy gyengébb mértékben.

Érdekelt a dolog, hogy vajjon Izland és hazánk között is van-e még nyoma a légnyomás és hőmérséklet ellenkező alakulásának. Összemértem tehát Árvaváralját és Nagy-Szebent Stykkisholmmal a légnyomást és hőmérsékletet illetőleg az 1851—1890. időszakban. Annak a valószínűsége, hogy két állomásunkon ellenkezőleg alakul az eltérés, mint Stykkisholmban, a következő:

változott egyformán, a normális értéket vagy meghaladva, vagy alatta maradva, mint a hőmérséklet (73<sup>0</sup>/<sub>0</sub>).

Annak a valószínűsége, hogy nálunk a hőmérséklet eltérése negatív, midőn a légnyomásé Stykkisholmban pozitív, a következő:

|                               | Decz. | Jan. | Febr. | Tél  |
|-------------------------------|-------|------|-------|------|
| Bécs (50 év) . . . . .        | 0·74  | 0·59 | 0·68  | 0·67 |
| Árvaváralja (40 év) . . . . . | 0·50  | 0·40 | 0·50  | 0·47 |
| Nagy-Szeben (40 év) . . . . . | 0·35  | 0·41 | 0·50  | 0·42 |

Megfordítva, hogy midőn Stykkisholmban a légnyomás eltérése negatív,

a hőmérsékleté nálunk pozitív lesz, annak a valószínűsége a következő:

|                               | Decz. | Jan. | Febr. | Tél  |
|-------------------------------|-------|------|-------|------|
| Bécs (50 év) . . . . .        | 0·82  | 0·71 | 0·76  | 0·76 |
| Árvaváralja (40 év) . . . . . | 0·66  | 0·57 | 0·72  | 0·65 |
| Nagy-Szeben (40 év) . . . . . | 0·40  | 0·60 | 0·50  | 0·50 |

Ha a légnyomás Izlandban a szokottnál alacsonyabb s a minimum hatásosabban van kifejlődve, akkor erős, délies

szelek támadnak nálunk s így valószínűbb, hogy Árvaváralján a rendesnél nagyobb lesz a hőmérséklet (valósz. = 0·65).

Bécsben még nagyobb ennek a valószínűsége, de Nagy-Szebenben már jóval kisebb (0.50). Nem annyira valószínű, hogy nálunk a szokottnál hidegebb lesz, ha Izland körül a normálisnál magasabb a légnyomás (valósz. = 0.47 Árvában). Valamint Izland az Atlanti-óceán északi részében az alacsony légnyomásnak, úgy az Azori szigetek e tenger délibb részében a magas nyomásnak alkotják középpontját. E két középpont között is kapcsolat mutatkozik. Ha ugyanis Styk-

kisholmban a légnyomás eltérése a szokottnál nagyobb fölfelé, úgy Ponta Delgadában az Azori szigeteken nagyobb lesz lefelé, és megfordítva. Ha n n úgy találta, hogy az 1865—1890. időszakban az ellenkező, 3 mm-t meghaladó eltérés valószínűsége 0.77 és télen-nyáron csaknem egyforma. Én pedig az 1866—1900. időszak valamennyi 35 éves adatai alapján arra az eredményre jutottam, hogy az eltérés valószínűsége a következő:

| Eltérés a normálistól: | Decz.  | Jan.   | Febr.  | Téli   |
|------------------------|--------|--------|--------|--------|
| Stykkisholmban +       | } 0.67 | } 0.67 | } 0.71 | } 0.68 |
| Porta Delgadában —     |        |        |        |        |
| Stykkisholmban —       | } 0.68 | } 0.79 | } 0.78 | } 0.75 |
| Porta Delgadában +     |        |        |        |        |

Azok az esetek, mikor a légnyomás eltérése Stykkisholmban negatív, Porta Delgadában pedig pozitív, gyakoribbak, mint az ellenkezők. Ilyenkor azután az ellentét az Azorok és Izland között nagyobb mértéket ölt, a légáramlat erősödik, a Golf-áram gyorsul, sebesebben szállítja az egyenlítő felől a meleg vizet, a tenger vize a Golf-áram környékén magasabb hőmérsékletűvé válik, szóval, légköri gép intenzivebb munkálkodást fejt ki s hatása még nálunk is megérzik. De ha a légnyomás minimuma Izland körül veszt intenzitásából, s a gradiens délről észak felé az Atlanti-óceánon csökken: nemcsak Európa észak-nyugoti vidékei, hanem részben hazánk is elesik azon kedvező feltételektől, melyek a tél szigorúságát enyhítik.

HEGYFÖRY KÁDOS.

**Az égerfa gyökércsomóiról.** Tete mes irodalma van az égerfák gyökerein található csomós képződményeknek, mindamellet az őket okozó gomba természetének ügye még nem tisztázódott kellőképen. A legelső, a ki e gyökércsomókat anatómiailag vizsgálta, W o r o n i n, fonalas gombát vélt bennök ta-

lálni,\* melyet *Schinzia Alni* néven irt le. Frank ugyanezt a nézetet vallotta.\*\* Möller nyálkagombának tekintette\*\*\* e szervezetet és *Plasmodiophora Alni* névvel jelölte. Ugyanebben az esztendőben W o r o n i n egyik közleményében† Möller felfogásához csatlakozott. B r u n c h o r s t a gyökércsomókban fonalas gombát talált, melyet *Frankia subtilis*-nek nevezett; a gömbölyű hólyagocskákat pedig, melyek tömegesen jelentek meg a sejtekben és a melyeket korábbi kutatók spóráknak tartottak, sporangiumoknak tekintette. 1887-ben F r a n k azt állította,†† hogy ez esetben nincsen is semmiféle gombával dolgunk, hanem hogy »itt tulajdonképen újképző-

\* Über die bei der Schwarzerle und der Gartenlupine auftretende Wurzelanschwellungen. Mém. de l'Acad. imp. de St. Pétersb. Sér. VII. I., X., 6. sz.

\*\* Pflanzenkrankheiten, 1880. 647. old.

\*\*\* Über Plasmodiophora Alni. — Ber. d. deutsch. bot. Ges. III. 102—105. old.

† Berichte d. deutsch. bot. Gesellsch. III. 1885. 171. old.

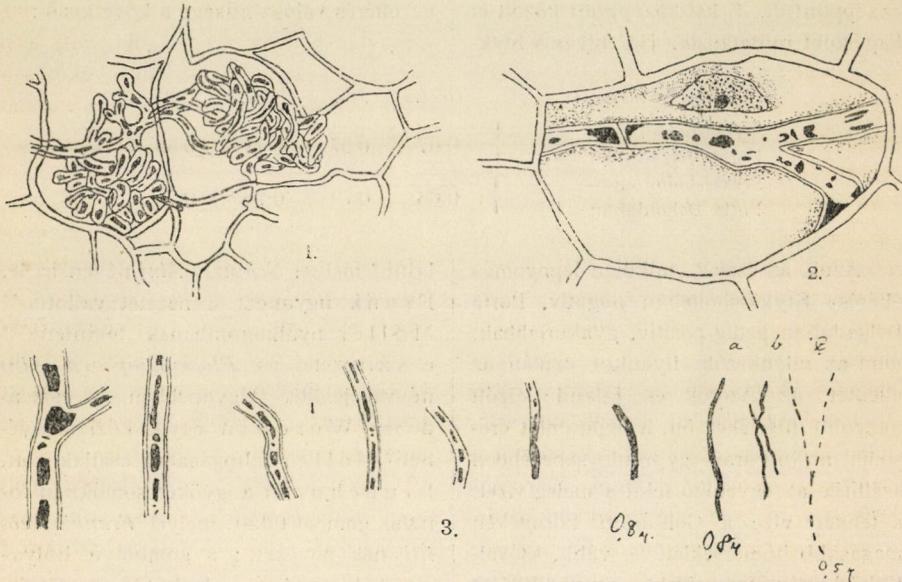
†† Sind die Wurzelanschwellungen der Erlen und Eläagnaceen Pilzgallen? — Ber. deutsch. bot. Ges. V. 50—57. old.



désű protoplazmás fehérjeanyagnak felhalmozódása fordul elő, gömbalakú tercskében, eredetileg likacsos protoplazmatestben«. Ezt a felfogást Brunckhorst, a ki előbbi nézetét fenntartotta, megtámadta\* és Möller is hozzája csatlakozott.\*\* Később Frank arra figyelmeztetett, hogy itt egy hasadó-gombához hasonló, vékonyfalú hyphás gombával van

dolgunk. Shibata azt véli, hogy a gyökércsomó e gombája nem valódi hyphomyceta gomba, hanem hogy a gümőkór-bacillusnak és másoknak »mykobacterium« nevű növekedésbeli alakjához hasonlít.

Legújabban G. J. Björkenheim foglalkozott ezzel a kérdéssel\* Helsingforsban és közelebb vitte a megoldás



1. Gombolyaggá tömörüült hyphus-fonalak,  $250/1$ . nagyít. 2. egy hyphus-fonál harántos rekesztőfallal,  $750/1$  nagys.; 3. különféle méretű hyphus-fonalak  $750/1$  nagys. (Björkenheim után.)

felé. Anyagát a szürke égerfa (*Alnus incana*) gyökeréről 1903. nyarán Finnlandban gyűjtötte; az előzetes tisztítás és fixálás után készült gyökércsomó-metszetekben olyan gombafonalakat talált, minőket előbbi kutatók már észleltek, azonfelül pedig hólyagocskákat is. Shibata azon nézete, hogy e gombafonalak egyenlőtlen hosszú, egyenes

vagy görbült pálczikákká esnének szét, Björkenheim szerint nem felel meg a valóságnak; ő a szétesést a vizsgálati módszernek, nevezetesen a beágyazás hatásának tulajdonítja, valószínűleg kellenél nagyobb vízelvonás következményének.

Az apró gyökércsomók egyikének kéreg-parenchymájában Björkenheim sokkal terjedelmesebb gombát talált, mint

\* Bergens Museums Aarsberetning. 1887. 235—247. old.

\*\* Beiträge zur Kenntniss der Frankia subtilis. — Ber. d. deutsch. bot. Gesellsch. VIII. 1890. 215—224. old.

\* Beiträge zur Kenntniss des Pilzes in den Wurzelanschwellungen von *Alnus incana*. — Zeitschr. für Pflanzenkrankheiten. 1904. XIV. K. 130—133. old.

a többiekben, a parenchymasejteket ez esetben a gombafonalak valósággal át-meg átszötték. A gombafonalak feltűnő vastagok ( $3.5-4 \mu$ ) és határozottan ész-lelhető kettősvonalú hártától körülzártak voltak, melyet a karbolfuchszin halvány-pirosra festett. A gombafonalakban egyes harántfalakat (az ábrán 2 vel jelölve) lehetett felismerni, gazdagon ágazódtak szét és bonyodalmas gombolyagokat alkottak (az ábrán 1-gyel jelölve) a sejtek közepén. Egyes helyeken a gombafonalak több sejt-en keresztül voltak követhetők, a nélkül, hogy gombolyagokat alkottak volna.

A fertőzött sejtekben nem akadtak keményítőtestek, ellenben a nem fertőzöt-tekben bőségesen volt összetett kemé-nyítő-szemecske. A hol egyetlen gombafo-nál haladt végig a sejtben, ott protoplazma-tömeg vette körül. A gyökércsomókban talált vékony és vastag gombafonalak között (3-mal jelölve) B j ö r k e n h e i m bizonyos kapcsolatot vél fölismerni. Azok a gyökércsomók, melyekben vastag gombafonalak észlelhetők, alkalmasint az elsődleges fertőzést követő állapotnak felelnek meg. Abban az arányban, a mint a gyökércsomók növekednek és velők együtt a gomba is továbbfejlődik, a gomba-fonalak mindinkább vékonyakká vál-nak, annyira, hogy csak  $\frac{1}{3}$ -át teszik amazoknak és végeiken hólyagocskákat alkotnak. Hogy az elsődleges fertőzés való-szinűleg ritkán következik be, már abból is kitetszik, hogy a vastag gombafonala-kat korábban nem észlelték. Az elsődle-ges fertőzésnek kezdő állapotát B j ö r k e n h e i m-nek sem sikerült látnia; a legtöbb gyökércsomó e szerint valószí-nűleg másodlagos fertőzésnek köszöni létrejövetelét.

Hogy a fennforgó esetben fonalas gombával van dolgunk, az a közlöttek alapján egészen világos, bár e gomba rendszertani helyzete felől még nem va-gyunk tájékozódva.

TÉTELY.

**A lisztharmatgombák parazitis-musáról.** E r n e s t S. S a l m o n egyik újabban megjelent cikkében kifejti, hogy a lisztharmat-gombák (Erysiphaceae), melyek az Ascomyceták osztályához tartoz-nak, parazitismusának specializálódása útján »biológiai formák« vagy P. M a g n u s-tól találóan nevezett »megszokásbeli fajták« (Gewohnheitsrassen) fognak ke-letkezni, melyek mind ivartalan spórákat (conidiumokat) hozó, mind ivaros (as-cosporás) állapotukban különvált, azaz bizonyos meghatározott növényekre szo-ritkoznak, a mint ez a gabona roszdán ismeretes.

Az *Erysiphe graminis* Dc. egy ilyen biológiai formájával végzett S a l m o n a múlt nyáron a cambridgei egyetem la-boratoriumában természetű kísérleteket, melyek arra az eredményre vezettek, hogy bizonyos kedvező természeti fölté-telek között, melyekhez a gazdanövény levelének életereje is tartozik, a fertőző tehetségnek a »biológiai formákra« jel-lemző korlátoltsága megszűnik.

Az első kísérletekben a levelet, mely vagy a növekedő növényen volt, vagy levágta róla s nedves kamarában tartott, kicsiny darabka lemetszésével sértette meg, úgy hogy a levél egyik lapján az epidermis sejteket és az alattok levő me-sophyll-szövetet egészen, vagy nagy rész-ben eltávolította, a levél másik lapján levő epidermis sejteket azonban a leszelés helyével szemben sértetlenül hagyta. Ez utóbbi helyre most elvetette az olyan »biológiai formák« conidiumait, melyek az illető növényt különben nem támadják meg. Kiderült, hogy a levelek a sértés helyén fertőződtek olyan gom-báktól, melyek iránt különben immuni-sok voltak.

További kísérletek megmutatták az-után, hogy a sértett levélen létrejövő co-nidiumok ugyanezen fajta gazdának tel-jesen sértetlen leveleit is fertőzték; tehát

a gomba igen gyorsan alkalmazkodott a növényfajhoz.

Más kísérletben *Marsella Ward* módszerét alkalmazta, mely szerint a leveleket nem sebezte, hanem úgy sértette meg, hogy felső lapjok epidermisét pár pillanatig vörösre izzított késsel érintette; ezután e helyre conidiumokat szórt. Kitént, hogy azon sejtek, melyek a sértett helyet közvetlenül körülveszik, fogékonyak voltak olyan »biológiai forma« iránt, mely különben az illető növény sértetlen leveleit nem bírja megtámadni.

*Salmon* e jelenségek magyarázására fölteszi, hogy a gazdanövények levelének sejtjeiben valami anyag, (vagy több anyag, talán enzim) van, mely minden fajra nézve sajátos és ha a levél sértetlen és sejtjei erős életűek, minden lisztharماغombát visszatart, azt az egy »biológiai formát« kivéve, mely ez ellenállás legyőzésére specializálódva van. Ha azonban a levél életereje a sértés következtében meggyengül, ez az anyag is elpusztul, vagy működésében csökken, úgy hogy más biológiai formák conidiumai ilyenkor fertőzhetik a levelet.

*Salmon* azt hiszi, hogy jégeső, szélvihar, állatok stb. okozta sérülések épen így fogékonyakká tehetik a leveleket olyan gombák iránt, melyek különben nem fertőzik őket. A conidiumok, melyek ily sértett levélen képződnek, azután ép leveleket is fertőznek és így terjesztik tovább a betegséget. Ez egy igen közönséges jelenségnek szolgálhat magyarázatául, annak tudniillik, mikor valami gombabetegség hirtelen jelenik meg olyan növényen, mely előbb immunis volt iránta.

Olyan esetet is megfigyelt, mely — úgy látszik — arra szolgál bizonyítékkal, hogy a levéltetvek okozta sérülések is fogékonyná teszik az előbb immunis leveleket.

Az első kísérleti sorozatban a conidiumokat néhányszor nem a metszés áellenében levő sértetlen epidermisre, hanem a metszés feltárta belső szövetre vetették el és a fertőzés ez esetben is bekövetkezett.

*Salmon* továbbá arra is felhívja figyelmünket, hogy a gombáknak ilyen esetben való viselkedésük és az úgynevezett »semparaziták« közt, minő a *Nectria*, *Peziza Wilkommii* stb., a melyek csak sértett helyen tudnak gazdájukba behatolni, határozott párvonalosság van.

*Masse* számos kísérletet végzett azon czélból, hogy kiderítse, mennyiben tudja a sejtnedvben levő anyagnak chemotacticus ingere a gombáknak más növényekbe való behatolását elősegíteni vagy hátráltatni. Ez anyagok közül a nád- és szőlőcukrot, asparagint, almasavat, oxálsavat és pectázét vizsgálta. Az esetekben, mikor a sejtnedvnek, melyről föltette, hogy chemotacticusan működik, specíficus ható anyagát, vagy ilyen anyagok egyesülését meg nem kaphatták, a növény kisajtott nedvét alkalmazták. A kísérletben mind obligát, mind facultativ parazitákat és saprophyta gombákat alkalmaztak.

A kísérletek azt tanúsították, hogy a saprophyták és a facultativ paraziták a nádcukorral szemben pozitív chemotacticusan reagálnak és hogy az illető anyag sok esetben egymagában is elegendő, hogy a fakultativ parazita csiratömlőjének valamely növény szövetébe való behatolását előmozdítsa, hacsak a sejtnedvben más erősebb, negatív chemotacticusan, vagy repulsive ható anyagnak a jelenléte meg nem akadályozza.

Igy a *Botrytis cinerea*, mely a növényeknek minden más gombánál nagyobb számát szokta megtámadni, az almát, bár nádcukrot tartalmaz, nem bírja megtámadni, mert a szintén jelenlevő almasav

a *Botrytis* csiratömlőjére negativ chemotacticusan hat.

Az obligát paraziták a gazdanövény sejtnedvére erősen pozitív chemotacticusan reagálnak. Az almasav itt a specificus anyag, mely a *Monilia fructigena* csiratömlőjét fiatalabb almák szövetébe becsalja; hasonló hatással van a pektáze enzim a *Cercospora Cucumis* csiratömlőjére, az uborka egy obligát parazitájára.

Obligát parazitáktól megtámadható növényfajok immunis egyénei, immunitásukat M a s s e e szerint annak köszönhetik, hogy hiányzik belőlük az az anyag, mely a parazitákra chemotacticusan hat. Tisztán saprophyta gombákat úgy lehet parazitákká tenni, hogy spóráikat oly élő növényekre szórjuk, melyeket az illető gombákra pozitív chemotacticusan ható anyaggal fertőztünk. Hasonló eljárással parazita-gombát arra lehet birni, hogy a gazdanövény egy más fajtát is megtámadhatja.

Ez eredmények azt bizonyítják, hogy a gombák parazitismusa *szerezett* tulajdonság.

M a s s e e a kutatások egész sorával mutatta ki továbbá, hogy a növényeknek gombákkal való fertőzése leginkább éjszaka, vagy borús, nedves időben történik. Ez a sajátság a sejtek nagyobb duzmadtságán és azon alapszik, hogy ekkor nagyobb mennyiségű cukor és más chemotacticusan ható anyag van a sejtnedvben. (Naturw. Rundschau, XIX., 24. sz.)

Közli JÁVORKA SÁNDOR.

**A Vénus keringésidejéről.** A múlt évszázadnak utolsó évtizedében Schiaparelli, a milánói csillagvizsgálón végzett megfigyelései alapján úgy találta, hogy a Vénus bolygó (és nagyon valószínűen a Merkúr) meg a Nap közt olyan a viszony, mint a mi Földünk és a Hold közt: mindkét bolygó állandóan ugyanazt az oldalát fordítja a Nap felé és ennek

megfelelően a Nap körül való egyszeri körülfutása alatt csak egyszer fordul meg a saját tengelye körül. Ez az eredmény már első megjelenésekor (1890) heves ellenmondásra talált; ugyanis nagyon megszokott volt már az a fölfogás, hogy a Vénus keringési ideje a Nap körül nagyon közel egyezik a Föld forgásával, tehát kerek számban 24 órának vehető. Ezt az utóbbi adatot Cassini Jakab 1732-ben azon megfigyelésekből vezette le, melyeket atyja Bolognában és Párisban végzett és a melyeket a többi közt Schröter 1796-ban, De Vico pedig 1842-ben megerősített. A Vénus keringésének tartamára vonatkozó adatok, beleszámítva a Schiaparelli adatait is, azon foltok megfigyelésén alapultak, melyek a Vénus felszínén részint hosszabb ideig, részint pedig koronként láthatók. Mint-hogy e foltok megfigyelése és kivált az azonosításuk nagyon nehéz, azonfelül pedig, miként Villiger 1898-ban kimutatta, igen nagy csalódással jár, azért az utóbbi időben arra irányult a törekvés, hogy a Vénus keringési sebességét spektroszkóppal határozzák meg.

Ugyanis a Doppler-féle elv értelmében valamely, a megfigyelő felé mozgató fényforrásnak színképi vonalai merőleges helyzetükből eltolódnak, még pedig a fényforrásnak a Föld felé közeledésekor az ibolya és a Földtől való távozásakor a színeknek a vörös színű vége felé. Ez eltolódás annál nagyobb, minél nagyobb a mozgó fényforrás sebessége és ily módon, különösen a mióta a színkép közvetlenül megfigyelését a fotografiai képpel helyettesítik, sikerült sok álló csillagnak a látásvonalában való mozgását kimutatni.

Mint-hogy a keringő világító test egyik féltekéjének szélén levő pontok felénk közelednek, a másik szélén levők pedig távolodnak, semmiféle elvi nehézséget sem okoz naprendszerünk egyes

tagjai keringés-sebességének spektrografiai úton való meghatározása. Csakhogy e téren igen nagy technikai nehézségek merülnek fel, minthogy a legtöbb esetben igen csekély vonalas sebességről és ennek következtében a színekpi vonalnak többé alig mérhető eltolódásáról van itt szó. Így például a Föld felszínének az egyenlítőjén fekvő valamely pontnak vonalozás sebessége másodpercenként 465 m. Mindamellett megkísérelték a Vénus keringéssebességének spektrografiai úton való meghatározását; első volt e téren *Belopolsky* Pulkovában. Több évig végzett kísérleteinek eredménye azonban nagyon bizonytalan volt és úgy látszott, hogy a Vénus 24 órai keringési idejét megerősíti.

Az utóbbi években a Mars buzgó kutatója, az amerikai *Lowell*, a kinek Flagstaff-ban Arizona államban, magán-csillagvizsgáló intézete van, ismét tanulmányozni kezdte az ügyet. *Lowell* megbízásából a *Brahear* híres cég igen erős dispersiójú spektrografot készített, a melyben a  $13 \times 10^{10}$  cm (0.013 milliommód mm) távolság még elkülönítve jelenik meg. Miként *Lowell* a párisi tudományos akadémia *Comptes Rendus*-jében közli, 1902. év végén, mikor a Vénus a Nappal való felső együttállásban ismét látható lett, félkorongja tehát teljesen meg volt világítva, kezdette meg a megfigyeléseket és a vas színekjét vette merev összehasonlító spektrumul. Ekként 15 felvétel középértékeül a Vénus keringésének vonalozás sebességéül az egyenlítőn másodpercenként — 5 m adódott ki, a mely eredménynek középhibája + 8 m. Ez érték nem igen egyezik a 225 napi keringésidőnek megfelelő + 2 méterrel, ámde az adott középhiba szabta határon belül esik, és még kevésbé vág össze a 24 órai keringésidőnek megfelelő, másodpercenkénti 450 méter vonalozás sebességgel. A flagstaffi csillagvizsgálón vég-

zett spektrografiai megfigyelések megbízhatóság dolgában azonban csak nyertek a Marson végzett egyidejű megfigyelésekkel. A Mars egyenlítőjén levő valamely pont vonalozás sebessége a tengelyforgás következtében másodpercenként kerekszámában 228 m.

Ennek megfelelően a Vénus keringési idejéül a *Schiaparelli*-féle értéket kell helyesnek elismerni, vagyis hogy a Vénus egy-egy keringése a Nap körül megegyezik ugyane bolygónak egy-egy tengelye körüli forgásával. —y.

**A növények oltásának morfológiai és fiziológiai viszonyai.** Alig van kutató, a ki az oltás terén mind elméleti, mind pedig gyakorlati szempontból annyit lendített és annyit kísérletezett volna, mint a francia *Lucien Daniel*. Sok érdekes és meglepő jelenséget derített ki e tekintetben, főleg az alany meg az oltott növényrész egymáshoz való és egymásra ható viszonyáról, a mi sok jelentős gyakorlati eredményre is vezetett. Főbb vonásokban közöljük mindazokat a morfológiai és fiziológiai tapasztalatokat, a melyek *Daniel* vizsgálataiból, kísérleteiből kiderültek és figyelmet érdemelnek.

*Morfológiai viszonyok.* Az oltás meglehetősen gyakran sikerül egy család tribusának génuszai között, sőt olykor egy családbeli különböző tribus-ok között is; pl. *Foeniculum* (Cicuteae) és *Daucus* (Laserpitieae), *Pastinaca* (Angeliceae) és *Daucus* között.

2. Az odvas lágyszárú növények oltása sikerül, ha olyan növénykéket használnak, a melyek bele osztódó szövet képezésére még alkalmas (Phaseolus). Fialat növénykéek oltása a fás növények körében is sikerül és e körülmény az oltás helyén létesülő gyűrűalakú kidudorodást tetemesen alászállítja, csökkenti.

3. A gyökérbe való oltás a lág-

szárú növényeken a legjobban sikerülő eljárás. Ugyanez a mód a gumós növényekre nézve legjobban akkor sikerül, mikor fiatal és még nem duzzadt gyökeket használnak e célra ; sőt vannak esetek, mikor az oltás csakis a fejlődésnek ez állapotban sikerül.

4. Valamely gyökér a hozzátartozó levélrózsával együtt oltható sikeresen valamely szára. Általánosságban valamely oltó kísérletben a sikerre való kilátás annál biztatóbb, minél jobban közelítik meg a fennforgó körülmények a természetes viszonyokat.

5. Az oltás az illető növények élettartamára többé vagy kevésbé hatással van. Ha egynyári növényeket két-, vagy többnyáriakra oltunk, egynyáriak maradnak és az alanynak részleges avagy tökéletes elhalását eredményezik ; az előbbi eset akkor áll elő, mikor a metszést a tenyésző csúcs közelében végeztük, mi által az alany járulékos rügyeket fejleszthet ; az utóbbi pedig akkor, mikor a járulékos rügyek keletkezése ki van zárva. Ha évelő növényeket egynyáriakra oltanak, az alanyval együtt pusztulnak el ; ellenben évelők maradnak akkor, ha az alany is évelő növény. Az oltott lágyszárú növények a hideg ellen érzékenyebbek, mint a nem oltottak. Az oltott nemes rész virágzásának ideje egynyári növényeken többnyire késlekedő ; ugyanez tapasztalható a kétnyári és az évelő növényeken, legalább az oltás után való első esztendőben.

6. Az alany meg az oltott rész kölcsönösen hat egymásra. Egyszer az oltott rész az, a mely az alanynak fejlődésbeli viszonyaira hatással van, másszor pedig az alany az, a mely az oltott rész méretbeli viszonyait megváltoztatja, miáltal gyakran csak félakkorává fejlődik, mint közönségesen ; majd végül az alanynak, vagy az oltott résznek az ízében nyilvánul megfelelő változás.

7. Valamely tenyésztett növényfajnak vadon tenyésző növényre való oltása általában elgyöngülést eredményez a gazdasági használhatóság tekintetében, a mely olykor egészen el is nyomható.

8. Ha valamely tenyésztett, de vadon tenyésző növényfajra oltott növény magvait elvetjük, a keletkező növénykében feltűnő hajlandóság vehető észre a vad típushoz való visszatérésre.

*Fiziológiai viszonyok.* Daniel az oltott növényekre vonatkozólag tartalék tápláló anyagokra nézve a következő eredményeket tapasztalta :

1. Az alanynövény gyökerében felhalmozódó tartalékanyagok, mikor az alany más növénycsaládból való, ritkán használódnak fel az oltott rész táplálására, ellenben felhasználódnak, mikor az alany rokon növény az oltott részszel. A *Cichoriaceae* csoportbeli növényeken azonban az oltott rész az inulint csak akkor használja fel, ha valamely inulint kiválasztó növényfajról származott.

2. Ha az oltott rész nem olyan növényről való, a mely tartalékanyagokat felhalmozni szokott, az alany gyökerének megduzzadása nem következik be, mint hogy oltás után a gyökér nem bír tartalékanyagokat gyűjteni.

3. Elcinte a nyers tápláló anyag vándorlása az alanynövényből az oltott részbe nagyon meglassul, úgy hogy ez okból lankadás szokott bekövetkezni.

4. Az oltással járó sebzés az oltott részben többé-kevésbé beteges állapotot idéz elő, mely a kipárolgás (transpiratio) szabálytalanságaiban nyilvánkozik meg.

TÉTELVII.

**Az allotrop ezüst színe.** Az ezüst allotropiájáról sok közlemény jelent meg már, a melyek közt nem egy azon érdekes színbeli hatásokra vonatkozik, melyeket először Carey Lea írt volt le. Minthogy e jelenségek magyarázatát még nem ismertük, J. C. Blake, ame-

rikai chemikus, az irodalomban között kísérletek legnagyobb részét mind az ezüst allotropiájára, mind pedig a kolloidális ezüstre vonatkozókat megismételte és a következő érdekes eredményekre jutott.\*

Blake úgy találta, hogy a megfigyelt színbeli hatás az ezüst három, vagy négy allotrop formájának fölvetélével magyarázható. Hogy a színbeli hatás nagyon sokféle, ez abban leli magyarázatát, hogy a visszavert és az átmenő fény egymásnak a kiegészítője, az ezüstnek különböző allotrop formái tehát egymással keveredhetnek és más színes testeknek az ezüstrrel kisebb vagy nagyobb fokban való keverődése is módosítólag hat.

Az ezüstnek négy allotrop formája a következő: a *fehér* ezüst, a mely visszavert fényben majdnem fehér, átmenő fényben majdnem átlátszatlan, még igen vékony rétegekben is; a *kék* ezüst, mely visszavert fényben aransárga színű, átmenő fényben pedig kék; a *vörös* ezüst, mely visszavert fényben indigó színű, átmenő fényben vörös; és a *sárga* ezüst, mely a visszavert fényben indigó kék, az átmenőben pedig sárga színű.

Az ezüstnek e négy módosulatát Blake vízben suspendálva állította elő, de csak a kék és a vörös ezüst bizonyult állandónak s adott kolloidális oldatot.

\* American Journal of Science 1903, XVI. k.

*Fehér* ezüst a vörös és kék ezüstről erős savak hozzáadására, mindannyiszor keletkezik, valahányszor az ezüst erős savas oldatokból válik ki. A *kék* ezüst nagyon különböző módon keletkezik, nevezetesen mikor az ezüstöt csekély mennyiségű elektrolit jelenlétében neutrális vagy alkálikus oldatban redukálják és mikor nem sok szerves anyag van jelen. A *sárga* és a *vörös* ezüstöt legjobb Carey Lea módszerével állítani elő, még pedig az elsőt úgy, hogy Rochelle-só és ferroszulfát hason az ezüstoldatra, a másodikat pedig akként, ha ezüstnitrát oldatot csekély szabad alkáli jelenlétében ferrocitráttal redukáljuk.

A hő és a nyomás a kék ezüstöt könnyen fehér ezüstré alakítja át. Ha az ezüstformákat tükörlemez alakjában üvegre terítik, a hő hatására nagyon hamar egymásba alakulnak át, különösen a sárga ezüst vörössé és mind a kettő azután kékszínűvé. Ez az átalakulás okozza, hogy az oldatnak kék színeződését legtöbbször a vörös, barna, zöld. vagy a bíbor színű előzi meg. Állandó vörös színű ezüst oldatot csak szerves test, vagy tipikus szerves kolloid hozzáadásával lehet előállítani, sárga ezüstöt pedig állandó oldatban egyáltalán nem sikerült készíteni; ebből következik, hogy a sárga ezüstforma talán csak a vörös ezüstnek egy fajtája. Az eddigi vizsgálatok annyit kiderítettek, hogy a fehér, a kék és vörös színű ezüst határozottan jellemző módosulat.

Megjelenik évenként  
négy füzetben, há-  
romnagynolczadrét  
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-  
mészettud. Közlöny-  
nyel együtt, 12 K.

XXXVII. KÖTETHEZ. 1905. MÁJUS—AUGUSZTUS 2—3. (LXXVIII—LXXIX. PÓTFÜZET.)

Az »állati lélek«.

Nálunk körülbelül százötven év óta vitatkoznak a tudományban: van-e lélek? Kétezer évvel ezelőtt Rómában vitatkoztak róla stoikusok, cynikusok, skeptikusok, kétezerháromszáz évvel ezelőtt Kis-Ázsiában az atomisták, Zeno, Leukippos, Demokritos és elleneseik, kétezer-hatszáz évvel ezelőtt Indiában a brahmánok és Sa Kyamuni követői és körülbelül ugyanekkor Khínában Khung-tseu (hibásan Konfutse) a sámánokkal. Egy szóval a meddig vissza tudjuk követni a »tudományos viták« történetét, mindig folyt arról a disputa. Az eredmény változó volt, de tanulságos. Khínában Khung-tseu arról győzte meg népét, hogy az embernek önálló lelke nincs, de van a természetnek. Indiában, a földkerekség legelterjedtebb vallása, a buddhismus nőtt ki a disputa eredményeként a hasonló meggyőződésből; már a görög filozofusok nem tudtak egységre jutni és végre a »lélek« védelmezői, a platonikusok jutottak uralomra, mely uralom a nagy francia »Encyclopédie« megjelenéséig (1751) tartott.\* Azóta, Holbach, D'Alembert, De La Mettrie föllépésétől kezdve, fokozódó mértékben »l'homme machine«-nek tartották az embert és tartja a közelmúltig a természettudósok nagy része.

Vizsgáljuk meg, min vitatkoztak tudósaink? mit állított az egyik vélemény, mit tagadott a másik? Nyilvánvalóan senki sem tagadhatta, hogy van szellemi működés, hisz öntudatunk bizonyítja. A vita csak azon folyt, függ-e ez a szellemi működés a test működésétől minden tekintetben, vagy nem? Másképen is lehetett ezt formulázni. A szellemi működések összessége, azaz a lélek a test eredménye-e, vagy viszont, talán a lélek működésének következménye a test? Még szabatosabban úgy állították fel a problémát, hogy van-e lélek, van-e szellemi működés anyag, azaz test nélkül? A spiritualizmus néven ismert filozofiai irány állítja, a materializmus pedig tagadja. A vita eredményét már ismerjük.

Nyilvánvaló azonban, hogy e kérdés eldöntésében nagy szerepet játszik az állattan. Mert ha van élő lény, mely teljesen hijával van a szel-

\* Gassendi-t és Hobbes-t ide nem számítva.



lemi tulajdonságoknak, akkor be van bizonyítva, hogy a »lélek« az élettől és az anyagtól független valami. Ellenben, ha bebizonyul, hogy a legprimitívebb sejtől kezdve az emberig szakadatlan a fejlődés, nemcsak alakilag, hanem szellemi tulajdonságok tekintetében is, akkor körülbelül be van bizonyítva az anyag és lélek közötti okbeli kapcsolat.

Ezzel tisztában lévén, meg kell még határozunk, hogy mit értsünk »szellemi működés«-en. És itt kezdődnek útunk nehézségei. Ez a lélektan egyik alapvető kérdése. Régebben egyszerűen oldották ezt meg, kiindulva az emberi működések meg gondoltságából eredő céltudatosságából, egyszerűen az állatokra is alkalmazták az emberi viszonyokat és minden állati működést, mely hasonlóan célszerűnek látszott, szellemi functio eredményének mondta sok tudós, kiknek mintaképe a materiáлизmus apostola, B ü c h n e r volt. B ü c h n e r az állatok szellemi életéről irt egy könyvet,\* melyben az állatok ösztöneit, sőt összes életműködéseit minden tartózkodás nélkül emberi tulajdonságokkal, észszel, kegyetlenséggel, ragaszkodással, furfanggal, féltékenységgel stb. magyarázza. Sőt azon állattani munka is, melynek legtöbb hatása volt korunk természettudományi műveltségére, B r e h m állatvilága sem ment azon hibától, hogy emberi és morális fogalmakból magyarázza a rovarok cselekedeteit. A legfinomabb értelmi és sentimentális mozzanatok ott nagy szerepet játszanak a rovarvilágban. De B r e h m, illetőleg T a s c h e n b e r g (mert ő szerkesztette a rovarokról szóló kötetet) ebben csak korának tükre volt.

Körülbelül W u n d t híres lipcsei pszichologus volt az első, ki új irányt adott a »lélek« kérdésének megítélésében. Az emberi és állati lélekről irt szép könyvében\*\* pseudofilozofusoknak nevezi a B ü c h n e r-féle lélekbúvárokat és sok találó gúnnyal szemökre veti, hogy tévesen magyarázzák az állatok cselekedeteit belső tapasztalataink legbonyolultabb lelki folyamataival. Azt mondja, hogy, ha mindig egyszerű »szellem nélkül való« magyarázattal próbáljuk az állatélet jelenségeinek megértését, azt fogjuk tapasztalni, hogy az állatok minden, még oly csodálatos cselekedete is igen egyszerű módon magyarázódik és sohasem szorulunk arra, hogy az állatot intelligensnek kelljen tartanunk.

Ezzel már nagyot nyertünk. Tehát az ember állítólag különbözik valamiben az állattól, van intelligenciája. Intelligencián pedig értjük azt a tehetséget, hogy a mult érzéki tapasztalataiból tud következtetni a jövőre.

W u n d t tanítványokra talált. Elemezték az állatok magaviseletét azon módon, a mint előírja és ime úgy találták, hogy, kivéve az emlős állatokat, kivéve néhány madarat és még néhány szelidíthető gerincest, az

\* L. B ü c h n e r, Aus dem Geistesleben der Tiere. 3. kiadás. Berlin, 1880.

\*\* W. W u n d t, Vorlesungen über die Menschen- und Tierseele. 2. kiadás. Leipzig, 1892. 370. lapon.

összes többi állat, minden esetre a gerincztelen állatok »lelkéről« szó sem lehet. Minden cselekedetüket meg lehet magyarázni az idegek érzékenységével, meg a protoplazma általános ingerlékenységével.

Ennyi előismerettel gazdagodva, visszatérhetünk a B ü c h n e r-féle pszichologiai irányhoz. Ez még most is uralkodik a természettudományok iránt érdeklődő közönségen. B ü c h n e r behatóan foglalkozott a hangyák életmódjával s tőle származik az a sok »emberi« fogalom, mely kifejezésre kerül, mikor a hangyák államairól, háborúikról, az államok frigyeiről, rabszolgáikról, háziállataikról, stb.-ről van szó. Így magyarázható, hogy a rovarlélektan másik kútforrása, L u b b o c k angol bankár híres hangyamunkája\* is egyenesen ez alapról indul. Bevezetésében a hangyák szellemi tehetségeit többre becsüli az emberszabású majmokénál és ész tekintetében a hangyát közvetlenül az ember mellé állítja. De, mikor száz meg száz kísérlettel kipróbálja ez intelligenciát, úgy találja, hogy az »ész« alapfeltétele hiányzik náluk és nem tudnak régebbi tapasztalatokból új következtetéseket vonni. Hasonlóképen összedült újabban még egy csodálatos állítás a hangyák bámulatra gerjesztő tehetségeiről. Már vagy 50 évvel ezelőtt fölfedezte B u c k l e y, hogy egy amerikai hangya, a *Pogonomyrmex barbatus*, már átlépte az »állattenyésztő« műveltségi állapotát és földművessé lett. Fészke körül gondosan tisztán tartja a földet és beveti a hangyarizzszel, mely hangzatos néven az *Aristida oligantha* nevű füvet értette. L i n c e c u m azután 1861-ben megerősítette ezt, M c C o o k 1880-ban hasonlóra talált és így nem volt többé kétség benne, hogy van földműves hangya. Két évvel ezelőtt azonban behatóan foglalkozott a texasi földműves hangyával W h e e l e r amerikai entomologus\*\* és meglepetésére úgy találta, hogy a hangyarizz csak szemét, melyet a *Pogonomyrmex* kitararít fészkeből és melyre egyáltalában nem hederít többé. Kapcsolatban ezzel megemlíthetem különben, hogy nálunk is ismételtén figyelmeztettek botanikusok, hogy hangyafészkek körül bokros helyen igen feltűnő a sok ibolya. Ennek utána járva, hasonlótl figyelhetünk meg mint W h e e l e r. Az ibolya magva, mint ismeretes, húsos függelékkal van ellátva, melyet a hangyák nagyon kedvelnek. Ezért szorgalmasan czipelik az ibolyamagot júliusban fészkekbe. Ott lerágyják a függeléket, tisztogatáskor pedig kiszórják a sértetlen magot, melyből csakhamar kikelnek a növénykék nagy számban.

De, ha figyelemre is intett ez, nem igen hederített reá a hangya-intelligencia védőinek serege, inkább odafordult a figyelmök, a hol meggyőződésük újabb támasztékokra látszott találni. Így van ez különben

\* Sir John Lubbock, Observations on ants, bees and wasps. (Német fordításban: Ameisen, Bienen und Wespen címen Lipszében 1883-ban megjelent.)

\*\* Wheeler H., A new Agricultural ant from Texas, with remarks on the Known N. Americ. species. (Americ. Naturalist. 36. k., N. 1902. 422. sz.)

minden tudományos kérdésben. Mindig csak azt tárgyalják részletesen, a mi az uralkodó nézettel egyezik, a mi ellenkezik, az, mint »egyelőre érthetetlen kivétel« rendesen számításon kívül marad.

Nagy feltűnés kísérte tehát Möller, Braziliában kutató botanikus fölfedezését a hangyák gombakertjeiről, miről Istvánffi Gyula Közönyünkben\* igen behatóan referált. A brazíliai *Atta*-hangyák a *Rhozites gongylophora* nevű gombát tenyésztik mesterségesen, de csak addig, míg kifejlődnek spórái. Ezeket »főzeléknek« lerágnak. Nagy figyelemmel kutatták ezóta a hangyák életmódját e tekintetben és a legkülönbözőbb dolgokra akadtak. Wassmann Ernő, luxemburgi jezsuita, ki évtizedek óta hangyákkal foglalkozik, úgy találta,\*\* hogy a ceyloni *Termes*-eknél is megvan a »főzeléktenyésztés«, még pedig annyira bonyolult alakban, hogy a *Microtermes*, mely nagyobb termesek lakásaiban mint »vendég« él, ott más kisebb gombát termeszt, mint a gazdája. Haviland pedig kimutatja\*\*\* az összes délafrikai és keletindiai termitákról, hogy lakásaikban fürdőszivacszerű gombakerteket művelnek. A legkülönösebb idevágó megfigyelést azonban H. v. Ihering közli,† mikor az *Atta sexdens*-ről azt írja, hogy mikor a nőstények »házasságuk alkalmából« elhagyják a szülői fészket, szájjüregökben egy keveset magukkal czipelnek a gomba spóráiból, mely az új otthonban az újra alapítandó gombakert alapjául szolgál.

Ez adatok hatása alatt egy új, Büchner-féle irányban mozgó munka jelent meg a hangyák életéről, melynek szerzője, W. Marshall nem vonakodik a hangyákról azt mondani,†† hogy céltudatosan tudnak a jövővel számolni és cselekedeteik általában véve igen meggondoltak.

Hasonló véleményen volt a természettudósok nagy része a méhekről is. Sőt mivel a méhészek száz meg ezer megfigyelése már régen népszerűvé tette a méh morális tulajdonságait és közmondásossá a méh szorgalmát, a méhek dolgában úgyszólván teljesen egyértelmű volt minden ítélet, hogy a méhek intelligens állatok.

Tudvalevő dolog, hogy az első tudományos és rendszeres vizsgálatokat a méhekről François Huber francia tudós végezte I. Napoleon idejében. Könyvét,††† sajnosan, most igen kevesen olvassák, azt híven, hogy már elavult. Pedig meglepetésemre láttam, hogy e munka olyan elfogulatlan és sok tekintetben annyira megfelel a mai fogalmaknak, hogy

\* Istvánffi Gy., Gombatenyésztő hangyák. Természettud. Közl. 1894. 378—387. 1.

\*\* E. Wassmann, Termiten, Termitophilen und Myrmekophilien von Ceylon etc. (Zoologische Jahrbücher, Abteil. f. Systematik. XVII. köt. 1. füz.)

\*\*\* O. Haviland, Observations on termites, with descriptions of new species. (Linnean Society Journal. Zoology. Vol. 26. 1898.)

† H. v. Ihering, Zoologischer Anzeiger. 1898. 556. sz.

†† W. Marshall, Leben und Treiben der Ameisen. Leipzig, 1899.

††† François Huber, Nouvelles observations sur les abeilles. 2-e édit. Paris, 1814. (Német fordításban is megjelent Einbeckben 1856-ban.)

még most is bátran ajánlhatom olyan divatos munkákkal szemben, mint a milyen a francia alföldi Maeterlinck nagy hírre vergődött méh-munkája,\* melynek költői szépségű, de teljesen egyéni felfogású lelki analysisei úgy festik a méhet, mintha valami magasabb rangú hatlábu, rokonlelkű emberiséget kellene bennök tisztelnünk.

A mi pedig ezenkívül a méhek életéből a méhészeti szaklapokban megjelent, az csaknem kivétel nélkül azon állásponton van, hogy az ember meg a méh lelke azonosan működik és egymástól nem lényegileg, hanem csak a kifejlődés fokozatában különbözik.

Igy állt a rovarpszichologia kérdése körülbelül a mult század utolsó évtizedének közepén. Ez években azonban nevezetes változások álltak be a pszichologia terén. Ez a tudomány, mely évezredek óta mindig a filozofiai elmékedés kísérleti tere volt, a természetvizsgálók figyelmét vonta magára és ott, hol addig csak a logika fegyvereivel folyt a meg nem szünő csata, a természettudomány higgadt, csak tényekből induló, csak tényeken haladó taglalása új rendet hozott a lélekbuvárlat fogalmaiba. A fiziologusok, Pflüger, Goltz, Schrader, Ewald, Loeb, Bethe, Uexküll és sok más taglalták az állatok azon működéseit, melyeket addig lelki nyilvánulások következményeinek tartottak. Lelket nem találnak sehol, de igenis sikerül a bonyolult lelki működéseket felosztaniok ösztönökre, az ösztönökből kiválasztani a reflexeket, azokból a tropismusokat és nagyon hamar lábra kap az a vélemény, hogy »lélek« nincsen, az úgynevezett lelki működés\*\* csak a tropismusok és reflexek sokszorosan bonyolódó hálózata, mely azonban mind csak a protoplazma általános ingerlékenységének kifolyása. A lélektan helyébe az agy- és idegélettan lépett. Pszichologia nincsen többé, hanem van pszicho-fiziologia. És e szempontból indult meg először a méh és a hangya »lelkének« rendszeres és tudományosan kísérletező kutatása. Addig javarészt a gyakorlat embere, a méhész, meg a természetkedvelő amateur szabta meg idevágó itéletünket, most a fiziologus kezdte revideálni ez itéletet.

A méhekről és hangyákról 1898-ban nagyszabású vizsgálat jelent meg.\*\*\* Beth Albrecht számos kísérlettel kipróbálta Lubbock régi állításait. Az első fölvetett kérdés ez volt: ismerik-e a hangyák egymást? A tapasztalat (Lubbock is) azt mondta: igen. Az idegen fészkekből származó hangyát csakhamar megtámadják és kidobják, vagy meg is ölik, a *Formica fusca* pedig két év mulva is örömmel fogadja fészektársát. Ezt persze nem volt nehéz magyarázni és már régebben is gondoltak

\* M. Maeterlinck, Les abeilles. (Német fordításban: Das Leben der Bienen czimen megjelent 1901-ben.)

\*\* Megjegyzem azonban, hogy a »lelki működés« fogalma tisztázásra nem talált.

\*\*\* A. Bethe, Dürfen wir den Ameisen und Bienen psychische Qualitäten zuschreiben? (Pflüger's Archiv d. gesamt. Physiologie. 70. kötet)

reá, hogy itt valami fészekszag játszik nagy szerepet. Ezt kipróbálandó, *Bethe* néhány hangyának eltávolította a csápját, melyeken székel a szaglászerve és íme, az ilyen állat már nem ismerte sem fészektársait, sem az idegen hangyát. Ha pedig valamely hangyát idegen fészek állatainak szétmorzsolásából kapott lében megfürösztött, menten megtámadták fészektársai, ha visszatért. Tehát nem az egyént ismerték, hanem automatikusan reagáltak az idegen fészekanyagra. Ez csak egyszerű reflex; a megszokott fészekszag nem ingerli az állatot, az idegen pedig igen. Ezzel összedült a hangya értelmiségét védelmezők sokszor csodált állítása, hogy, mivel nagy hangyafészekben több mint 100000 egyén is él, a hangya »személyemlékezése« sokszorosan felülmulja az emberét.

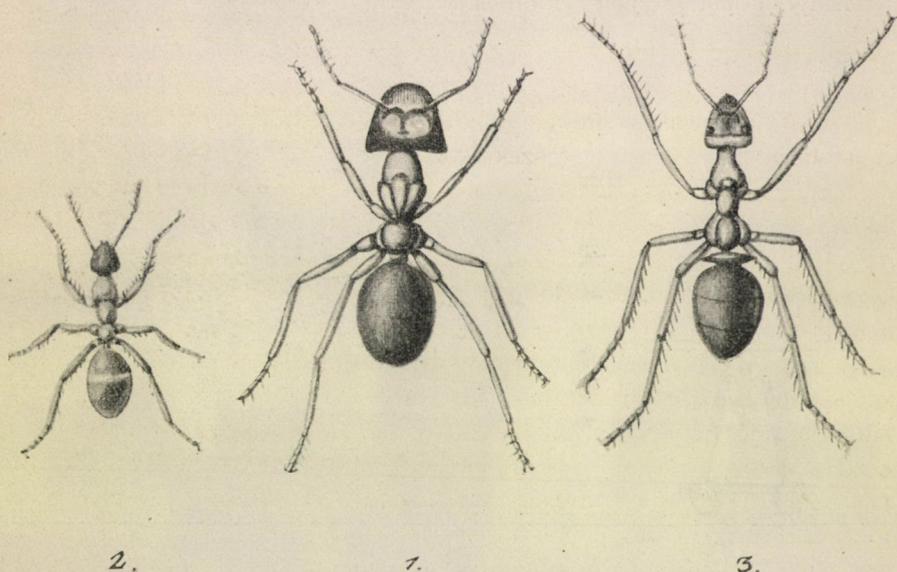
Hogyan találja meg a hangya az útját? Ez volt a második nagy kérdés. Régebben azt tételezték fel, hogy a hangya vissza tud emlékezni a látott tárgyakra, vagy megszagolja a nyomot, mint a kutya.

*Bethe* megismételte *Lubbock* kísérleteit. Bekormozott papirosra czukrot tett egy hangyafészek közelében. A bekormozott papirosra a hangyák lábnyomot hagyva, útjuk teljesen hű képét rajzolták le. Útjuk nagyon zegzúgos; sok kanyarulata azonban egyre elmosódik, s ha sokat járnak rajta, végre teljesen egyenes út keletkezik. Mivel ezt az utat éjjel is megtalálják, más tekintetben pedig egyáltalában nem találják meg, ha csak néhány centiméternyi távolságban tőle teszszük őket le a papirosra: meglehetősen ki van zárva, hogy útjukat látással találják meg. Ellenben valószínű, hogy megszagolják. Annál valószínűbb, mert, ha néhány napig nem jártak rajta, nagyon veszít vonzóerejéből, s úgy látszik, hogy a vezető nyom elillan. Bökkenő csak az, hogy minden hangya tudja, ha ilyen nyomra talál, hogy hová vezet: kifelé, vagy vissza a fészekhez. Sőt azt is tudja, hogy van-e az út végén valami hasznavehető ennivaló, vagy nincsen. Ha nincs, akkor az út nem vonzza. Ezt már nagyon bajos volt szaglással, illetőleg inger-reflexszel magyarázni. De *Bethe* mégis megpróbálja. Föltételezi, hogy kifelé másnemű anyagot választ el a hangya, mint mikor visszamegy. Föltételezi, hogy más az elválasztás, mikor terhet czipel az állat, mint mikor nem talált semmit. De fölösleges e merész föltevéseket behatóbban tárgyalnunk, mert *Bethe* néhány évvel később maga visszavonta őket. Itt tehát még nyílt kérdés maradt.

Hasonló kísérletekkel próbálgatta a hangyák állítólagos leleményességét, de mindenkor csak negatív eredményt kapott. Ha a mézes bögrét, melyhez odaszoktatta őket, csak egy centiméterrel magasabbra akasztotta, már nem igyekeztek többé hozzájutni, miből azt következteti, hogy nem tudnak emlékezni, még kevésbé előbbi tapasztalatokból új következtetést vonni. Minden csak egyszerű reflex. *Wasmann* annak idején igen nevezetes kísérletet közölt a *Formica sanguineá*-ról (1. ábra). Fészkek közvetlen szomszédságába vízzel telt óraüveget helyezett, melyben kis

homoksziget volt s ezen néhány báb. A hangyák észrevéve a bábokat, azonnal homokot hordtak a vízbe, kiszárították és fészükbe hordták a bábokat. Ezt megismételte Bethe hasonló eredménnyel. De ugyanez következett be akkor is, mikor az óraüvegben nem volt homoksziget és báb és ezért nem habozott Bethe, hogy ez esetben is tagadja a lelki működést. Szerinte a víz közelsége zavaró inger, melynek hatására a hangyák reflektorikusan homokot hordanak.

Bethe tehát a hangyákban nem tud értelmiséget találni, ép úgy a méhekben sem. Ezekkel is ugyanoly módon kísérletezett. A méh is ismeri egymást, a méhészek szerint a fészekszagról. Bethe kísérletei



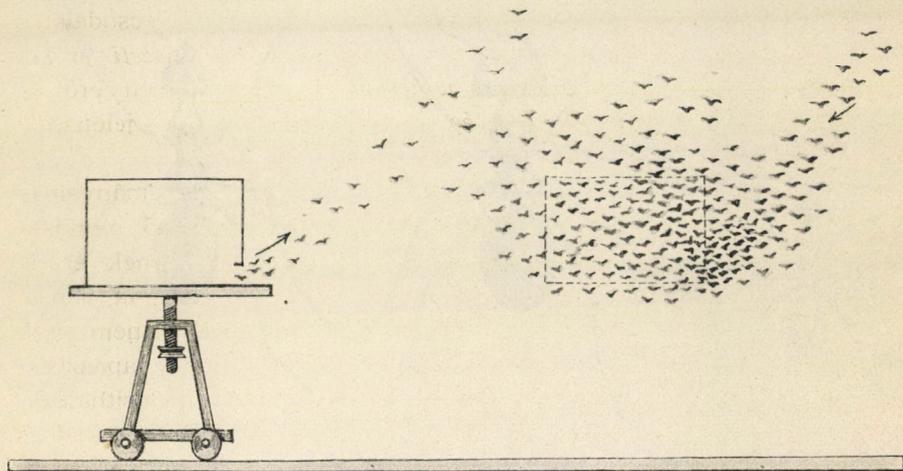
1—3. ábra. A »legértelmesebb hangyák«. 1. *Formica sanguinea* dolgozója. 2. *Lasius niger*.  
3. *Formica rufa*. (Lubbock nyomán. Nagytva.)

megerősítik ezt. Kikutatta továbbá, hogyan találnak vissza a méhek a kasba. Valószínű volt, hogy szaglásuk alapján, mert közismert dolog, hogy a méhkasnak igen erős szaga van, melyet csendes nyári estéken még az ember is 3—5 m-nyire megérez. A kísérletek azonban igen különös eredményeket adtak.

Mindenekelőtt úgy találta, hogy a méhészek jól figyeltek, mikor észrevették, hogy a méh csak néhány kilométernyi távolságból talál haza. Szekéren álló, síneken mozgó és tengelye körül forgatható kast használt (4. ábra), melynek segélyével megállapította, hogy a méhek mindig pontosan visszatalálnak — oda, a hol a repülőnyílás volt, mikor elhagyták a kast. Ha időközben tengelye körül 90°-kal megfordította a kast,

ott gyűltek össze, a hol a nyílás azelőtt volt; ha a kast vagy 50 cm-rel eltolta helyéből, ott gyülekeztek a levegőben százával a hazatérő munkások, a hol annakelőtte a nyílás volt, ijedten zümmögtek, kisebb-nagyobb körben röpdöstek és csak nagy ritkán találtak a közelálló kas nyílásába (4. ábra), melyből a munkára menők nyugodtan kirepültek. Ha visszatolta a kast régi helyére, mind belerohant; de épúgy elfoglalnak valami régi fazekat is, ha csak a megszokott helyre kerül.

E nevezetes kísérlet világosan bizonyítja, B e t h e szerint, hogy nemcsak a »fészekanyag szaga« tereli vissza a méhet; valami más is vezéri őket, a mi nincsen kapcsolatban a kassal. Nem lehet ez azonban sem a hallás, sem a látás. Mágneses erőre is gondolt, de kísérletei negatív eredményt adtak. Azt is kipróbálta, vajjon emlékező tehetségök-e a



4. ábra. B e t h e kísérlete méhekkel. A mozgatható kas eltolása után a méhek azon a helyen gyülekeznek a levegőben, a melyen a repülőnyílás helye volt. (B e t h e nyomán.)

vezetőjük. Hirtelenül, néhány óra alatt lényegesen megváltoztatta a kasok környékét néhány körülöttük álló szép fa ledöntésével. Ép oly biztosan, nyílsebességgel repültek a kasnyíláshoz, mint mindenkor. Ember bizonyára meghökkenet volna, ha lakásának környéke váratlanul annyira megváltozik.

De még sokkal különösebb dolgokra is akadt. A kísérletéhez szolgáló kasok közvetlen szomszédságában terebélyes öreg platánfa állott, mely a kirepülő méheknek annyira elálta a megszokott útját, hogy kénytelenek voltak miatta előbb egyenesen fölemelkedni és csak fölötte indulhattak el a virágos rétekre. Ezt a fát is ledöntötte. De nagy csodálatára a fa a méhek számára ezentúl mégis megmaradt, de csak akkor, mikor a kast elhagyták; visszatérve megváltoztatták az azelőtti útirányt, rövidítették

útjokat és a platán volt helyén átröpültek, kiröpüléskor azonban époló óvatosan kitértek, mintha a fa még ott állott volna! És ez nem egyszer, nem kétszer volt így, hanem állandóan még három hónap múlva is.

Bethe visszaemlékezett Fabre francia entomologus\* régi érdekes kísérleteire, melyeket azonban annak idején különösségek miatt alig méltattak figyelemre. Megismételte őket. Méheket egy skatulyában távol a kastól fekvő szabad mezőre vitt ki. Ott kiengedte őket. Az állatkák mézgyűjtéshez láttak és megfelelő idő múlva visszatértek a skatulyához, illetőleg, ha a skatulyát kinyitáskor a levegőbe tartották, pontosan arra a helyre, a hol kinyílt.

Mit jelent mindezen meglepő jelenség? Bethe azt mondja, nem jelent mást, mint hogy a méheknél szó sem lehet hasonló lelki tulajdonságokról, mint a felsőbbrendű állatoknál, vagy az embernél, hanem igenis, van igen finom érzékek bizonyos ingerek iránt, vannak csodálatos ösztöneik és megvan bennök a tehetség, *hogy olyan természeti erőkre is reagálnak, melyeket mi még nem ismerünk.* Ilyen ismeretlen erő az is, mely őket a kashoz visszatérli és az épen leirt csodálatos jelenségeket magyarázza.

Ertekezése 98. lapján egy mondatba foglalja össze tanulmányainak végeredményét, mely azóta a neurofiziológiának egyik vezérlő mondása lett. »Ez állatoknak« (méhek és hangyák) úgymond »nincsenek érzékszerveik, csak igen bonyolult reflextehetségök. Tehát nem látnak, hanem szemök csak fotoreflexekkel szolgál nekik, nem szagolnak, hanem csak chemoreflex-szel tájékozódnak. Nincs meg a tehetségök, hogy tapasztalatokat gyűjtsenek és ennek megfelelően cselekedeteiket módosíthassák. Minden inger, mely éri őket, az érzéki érzés küszöbe alatt marad és ezért minden, még oly czéltudatosnak látszó cselekvésök is csak tiszta mechanizmus. *Ez állatoknak nincsen lelkek, ők csak reflexgépek.*«

E következtetésnek megfelelőleg már a következő évben néhány más neurofiziológussal egyetértve, azon fölszólítással lépett a tudományos világ elé,\*\* hogy egyszer és mindenkorra véget kell vetni azoknak a teljesen értéktelen, mert meg nem felelő és csak félreértésekre vezető kifejezéseknek, mint: érzés, tapasztalat, észrevétel, lélek, intelligencia, melyeknek csak az ember pszichológiájában volt helyök, de melyek semmiféle fiziológiai fogalmaknak sem felelnek meg és ezért nem tartoznak többé a természettudományok körébe.

Nem csoda, hogy ilyen érdekes megfigyelések és következtetések nagy mértékben fölkellették a tudományos világ figyelmét. Akadt olyan tudós, mint H. E. Ziegler, ki az állati ösztönöket tanulmányozván,

\* J. Fabre, Souvenirs entomologiques. Paris, 1879.

\*\* Beer, Bethe und v. Uexküll, Vorschläge zu einer objektivierenden Nomenklatur in der Physiologie des Nervensystems. (Centralblatt für Physiologie. XIII. k. 1899.)

hasonló eredményeket ért el és ezért kész örömmel elfogadta a pszichológiai újítást; a legtöbb tudós nem nyilatkozott véleményéről, de alkalom adtán megmutatta dolgozataiban, hogy Bethe és társai nézete jelenleg az uralkodó a biológusok körében.

De nem volt hiány kritikában, ellenvéleményben sem. A hangyabúvárok egyik legkitűnbőbbike, W a s m a n n E r n ő, úgyszólván lázas buzgalommal védekezett a neurofiziológia ellen. Két év alatt három terjedelmes könyvet írt a tárgyról, melyek egyike \* igyekszik az intelligencia kérdését tisztázni, a másik, sokkal értékesebb műben\*\* pedig sok évi tapasztalatainak eredményét összegezi a hangyák »lelkéről«; azonkívül van egy, mely cikk alakban is megjelent,\*\*\* de csak tisztán polemikus a neurofiziológiával szemben. Harmadik nagy munkája még egyszer összefoglalja mindazt, a mit a szerző fel tud hozni a lélektan kiküszöbölői ellenében.†

Tapasztalatainak gazdag tárházából a hangya-intelligencia ellen következő új bizonyítékokat tud felhozni:

Tudvalevő dolog, hogy a hangyafészkekben igen sokszor találkoznak úgynevezett vendégek, különböző bogarak, melyek közül a *Lomechusa*-k családjához tartozó három genus, a *Lomechusa*, *Atemeles* és *Xenodus* teljesen alkalmazkodott különös szerepéhez. Nálunk, valamint Észak-Amerikában igen közönséges vendégek ezek a *Formicá*-k, *Camponotus*-ok, és *Myrmicá*-k fészkeiben. A hangyák igen buzgóan nyaldossák őket, két oldalt függő sárga szőrpatataikon (5. ábra), melyeken illó olajat választanak ki. A viszony a hangyák és vendégeik közt olyan benső, hogy a hangyák szájukból etetik őket. Már pedig ez nem vall intelligenciára, mert a *Lomechusa*k rendszeresen tönkre teszik gazdájuk fészket. Lárvaik a hangyák tojásából élnek és minden lárva ezer meg ezer munkással károsítja így a fészket. Ezenkívül. szívesen veszik a táplálékot az őket szorgalmasan ápoló munkásoktól. W a s m a n n azt állítja, hogy az ilyen fészkekben előforduló korcs egyének (6. ábra), melyeket *pseudogyná*-knak nevez,†† a *Lomechusa*-ápolás áldozatai, mert, mivel a lárvák 5—6-szor többet esznek, mint a fejlődő hangya, nem jut állítólag minden munkásnak elég táplálék. Ez azonban már azért sem igen valószínű, mert a

\* E. W a s m a n n, Instinkt und Intelligenz im Tierreich. Stuttgart. 1899.

\*\* E. W a s m a n n, Die psychischen Fähigkeiten der Ameisen. Stuttgart. 1899. (A »Zoologica« nevű gyűjtemény első füzet.)

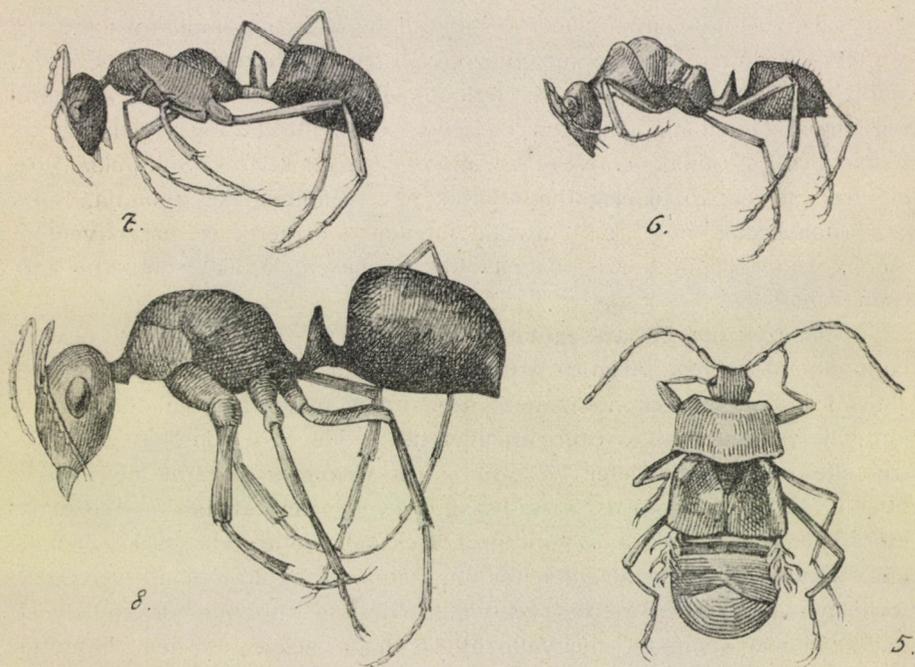
\*\*\* E. W a s m a n n, Nervenphysiologie und Tierpsychologie. 1900. (A Biologisches Centralblatt 1900. évfolyamában is megjelent.)

† E. W a s m a n n, Vergleichende Studien über das Seelenleben der Ameisen und der höheren Tiere. 1900.

†† Részletesen leírja a jelenséget a következő dolgozatban: E. W a s m a n n, Neue Bestätigungen der *Lomechusa*-Pseudogynentheorie. 1 táblával. (Verhandlungen der deutsch. zoolog. Gesellschaft. 1902.)

néhány *Lomechusa*-lárva táplálása legfeljebb kissé erőlteti meg az ezerszámra menő munkásokat, de nem okozhat élelemhiányt. A pseudogynák szokásaikban is nagyon különböznek a rendes munkásoktól, nem dolgoznak, gyávák, a fészkeknek csak kárára vannak, úgy hogy az végre pusztulásnak is indul.

Ha azonban jól megfontoljuk *Wasmann* ez érdekes megfigyelését, talán még sem találjuk olyan meggyőző bizonyítéknak, mint szerzője gondolja. Az egész jelenség inkább a természetes ösztönök elfajulásának látszik és ez nem bizonyít semmit az intelligencia ellen, épúgy,



5—8. ábra. *Formica sanguinea*, subsp. *rubicunda* Em. és vendége, a *Xenodusa cava* Lec.  
5. A bogár a szörpamatokkal. 6. Pseudogyna. 7. Rendes dolgozó. 8. Királyné (nőstény).  
Kissé nagyítva. *Wasmann* nyomán.

mint van elég rossz és elfajult, de azért nagyon eszes ember. *Wasmann* leírja, hogy azon *Formica*-félék, melyek az *Atemeles*-bogár lárváját ápolják, igen keservesen csalódnak, mert, mihelyt kifejlődött az imago, menten elhagyja a *Formica*-fészket és a *Myrmica*-hangya fészkeit keresi föl. Tavasszal azonban visszatérnek a bogarak a *Formicák*hoz és ott petét raknak. Azért van ez, úgymond *Wasmann*, mert a *Myrmicák* nem szövik be bábjaikat gubóba és ezért nem ápolják az *Atemeles*-lárvákat kellő módon, másrészt pedig leírja, mint teszik tönkre a *Formicák* az *Atemeles*ek lárváit túlságos ápolásukkal. E bonyolult és meglepő viszo-

nyokból szintén nem azt lehet következtetni, hogy a rovarok nem tudnak tapasztalatokból tanulni. Sőt ellenkezőleg, éppen W a s m a n n is ezt tételezi fel az Atemelesekről, mikor vándorlásukat rossz tapasztalatokkal magyarázza. Ez különben olyan eset, melyben az »ösztönök« darwinistikus magyarázata (kiválogatódás útján) cserben hagy. Mert ha az Atemeles a *Myrmica* fészkében rakja le petéit, sohasem kel életre utód, mely a rossz tapasztalatból eredő tanulságot »ösztön« formájában örökölhette volna. *És így éppen W a s m a n n pseudogyma megfigyelései tanuskodnak róla, hogy a rovarokban van a lelki működések bizonyos különös formája, mely azonban más, mint az emberé.\**

De egyelőre vegyünk erről csak tudomást és menjünk tovább.

W a s m a n n sincsen meggyőződve *Lomechusa*-vizsgálatainak éppen vázolt eredményeiről, mert közvetlenül leírásuk után maga is kijelenti, hogy tapasztalatai alapján azon meggyőződésre jutott, hogy a hangyák *ösztönszerűleg* tudnak a jövővel számolni, azaz előrelátók. Sok példát hoz fel erre, melyek közül elég, ha itt csak egyet említek. Azt mondja, sokszor tapasztalta, hogy a hangyák menten fölismerik a hasznavehető »hangyavendéget« akkor is, ha életökben sohasem látták és fajuknál teljesen ismeretlen.

Mindezek alapján visszautasítja tehát B e t h e véleményét, hogy a hangyák reflexgépek. Szigorú kritikával lépésről lépésre vizsgálja B e t h e állításait. Szemére veti, hogy igazi szobatudós módjára nem törődött a hangyák biológiájával és ezért megvetette az idevágó adatokat. Meg is ismételte B e t h e kísérleteit. A *Lomechusa strumosa* bogarat megfürösz-tötte a *Lasius fuliginosus* rossz szagú levében és azután a *Lasiusok* dühös ellensége, a *Formica sanguinea* fészkébe tette. Ha csak chemoreflex döntene a hangyaéletben, akkor szétmarczangolta volna a vérengző *Formica* máskülönben kedves vendégét. Meg is rohanta, de mihelyest csápjaival megtapogatta, megváltozott a magaviselete és nem bántotta többé, hanem ápolta. Hogyan értsük ezt, ha nem úgy, hogy fölismerte vendégét? Külön kísérletekkel kipróbálta a hangyák tájékozódó tehetőségét\*\* — részben hasonló eredményekkel mint B e t h e. De ügyesebben magyarázza, minek hatása alatt maga B e t h e is visszavonta idevágó nézeteit. Azt mondja W a s m a n n: a hangya minden lábnyomán tapad valami az egyén szagából. Ezt követi az utána menő. De, mivel a visszatérő hangya lábnyoma másalakú, más lesz a »szagalak« is és bátran föl-

\* Azért más, mert emberi észszel sem tudhatná a priori az Atemeles, hogy petéjét nem fogják gondozni a *Myrmica*-fészkekben. De nem is tanulhatja meg, mert a bogár tavasszal előbb hal meg, mintsem lárvája kikel. L. erre nézve még az *Osmia*-méheket (74. lap) is.

\*\* E. W a s m a n n, Zum Orientierungsvermögen der Ameisen. (Allgemeine Zeitschr. f. Entomologie. 1901. 2—3. sz.)

tételezhetjük, hogy a hangyák a szagos felületek alakjáról tájékozódhatnak. Ezzel Lubbock egy régi gondolata megint érvényre jutott és, mint mindjárt látni fogjuk, más tudósok eredményei megerősítik ezt.

Igen behatóan foglalkozik Wasmann azután a hangyák egymással való közlekedésének tehetségével. A hangyák lelki tulajdonságairól szóló könyvében külön fejezetben tárgyalja ezt és a fejezet végén a »hangyanyelv szótárát« állítja össze. A közlések a csápok segítségével történnek. A ki hangyákat figyelmesen vizsgál, valóban igen gyakran észreveszi, hogy kettő csápjával igen élénken és gyorsan tapogatja egymást. Wasmann azt is megfigyelte, hogy ugyanazon meg hasonló tapogatásbeli ritmusnak ugyanazon cselekedet felelt meg. És azóta a »csáptapogatást« (»Trillern« névvel jelöli) egyenesen a hangya beszédének tartja.

De most következik a nagy salto mortale Wasmann nézeteiben. Mindennek daczára kijelenti, hogy a hangyák nem intelligens állatok. Miért? Mert nem tudnak intelligens módon tanulni! Hogy ezt bebizonyítsa, nagyon különös módszerhez nyúl. Raffinált szórszalhasogatással megkülönbözteti a tanulás hatféle módját. Azt mondja, tanulni lehet:

1. Velünk született reflexmechanismusok ösztönszerű gyakorlásával (így tanuljuk pl. a járást).

2. Érzéki tapasztalatokkal, melyek alapján új érzéki associációk képződnek.

3. Önálló érzéki tapasztalatokból, melyekből új tényekre következtetünk.

4. Az utánzás ösztönének serkentése által.

5. Az állat tanulhat, ha valamely ember oktatja.

6. Az ember tanulhat intelligens oktatás által.

Első pillanatra látjuk, hogy e 6. kategória mesterséges és egymásba folyik. A második és harmadik ugyanazt mondja, épúgy az 5. és 6. is. Wasmann azonban kijelenti, hogy a 3. és 6. kategória kizárólag csak az ember sajátja és ezért az ember lényegesen különbözik az állattól. Megczáfolását a mondottak után már bátran olvasóimra bízhatom.

Ha azonban a tanulásra vonatkozó skémáját a tárgyalt rovarokra alkalmazzuk, azt látjuk, hogy ezek valóban megfelelnek az intelligencia követelményeinek Wasmann tapasztalatai alapján azon módosítással, hogy látjuk ugyan intelligens cselekedeteiket, de nem tudjuk, hogy kíséri-e őket olyan öntudat, mint a milyen a mienk. Egyes tények — teszem az *Atemeles* példájában — arra utalnak, hogy ez indító öntudat az egyéni tapasztalatot meghaladja.

E nevezetes tanulság Wasmann fáradozásainak végeredménye.

Szavá tette a »hangyalélek« kérdését Európa másik híres myrmecológusa, A. Forel tanár is. Ő is ismételten nyilatkozott e tárgyról. Elő-

ször »agy és lélek« című híres könyvében,\* azután egy igen szép, számos új kísérletet tartalmazó cikksorozatban,\*\* melynek rövidebb kivonatát az ötödik nemzetközi zoológiai kongresszuson terjesztette elő 1902-ben.\*\*\*

Forel helyes végén kezdi a kérdést. Azt mondja, hogy minden csak szóvita, ha nem tisztáztuk előbb a lélek fogalmát. És azután kifejti, hogy az »öntudat« egyáltalában nem a lelki működés kritériuma, mert ez csak azon »képzleteti alak«, melynek keretén belül meg tudjuk ismerni a lelki működést. Mivel a lelki működés tárgya az érzékszervek útján szerzett tapasztalatok összessége, először meg kell ismernünk, hogyan működnek a hangyák érzékszervei.

Forel kimutatja, hogy ez apró állatkák látnak, szagolnak, van izlésök, tudnak tapogatni. Van-e hallásuk, az még kétséges. Talán megérik a hangok keltette finom rezgéseket.

Látásuk jó, kitűnően tudják a tárgyakat megkülönböztetni, de egyszerre csak a látókör kis részét tudják átpillantani. Színeket meg tudnak különböztetni. Sőt többet látnak, mint mi. Így a hangyák észreveszik még az ibolyántúli sugarakat is; a méhek és a dongó méhek (*Bombus*-félék) a színeket is másképp látják mint mi, mert a mesterséges virágokat mindig meg tudják különböztetni a valódiaktól.

Kitűnően fejlett a szaglásuk. Csápjaik úgyszólván mozgó orrok. Szaglásukkal megismerik érintésre a testek kémiai különbségeit. Ezen kívül szaglással megkülönböztetik a tárgyak alakját is. Ezt Forel *topochemiai* érzéknek nevezi. Mint tudjuk, Wasmann is ezzel magyarázza a hangyák útismereteit. Forel vizsgálatai ezt megerősítik.

A rovarok izlése nagyon hasonló a miénkhez. A mi nekünk nem izlik, nekik sem tetszik. Tapogatásuk igen finom.

Ez öt érzéken, illetőleg módosulásaikon kívül Forel nem talált a rovaroknál több érzéket. E tapasztalatokból alkotja meg azután rovarpszichológiáját. Úgy okoskodik, hogy mivel az élő szervezetben fölösleges szerv csakhamar visszafejlődik, e finom érzékszervek kétségkívül hasonló bonyolult világképet idéznek elő a hangya agyvelejében, mint bennünk. De ez megint fölösleges volna, ha a hangya nem venné hasznát. Ezért kizárja, hogy a rovarok csak reflexgépek volnának.

Számos kísérletből arra a meggyőződésre jut, hogy minden rovar többé-kevésbé tud emlékezni. Hangyák és méhek, egyáltalában a társasan élő rovarok fejlett szellemi életűek. E kísérletekkel megállapítja,

\* A. Forel, Gehirn und Seele. 6. kiadás. 1899.

\*\* A. Forel, Expériences et remarques critiques sur les sensations des Insectes. (Rivista di Science Biologiche. Como, 1900—1901.)

\*\*\* A. Forel, Die psychischen Eigenschaften der Ameisen und einiger anderer Insekten. (Verhandlungen des 5. internationalen Zoologenkongresses. Berlin, 1902.)

hogyan nem nélkülözik az érzést, az észrevételtársítást (associatiót), az emlékezést, sőt hogy vannak tanulásból eredő szokásaik.

Forel egy nagy vízbogarat (*Dytiscus marginalis*) tartott. Ez rendszeresen csak vízben veszi fel a táplálékot, Forel-től azonban megtanulta az asztalon való étkezést, sőt annyira ment, hogy mindig próbált kiugorni a vizes edényből, mihelyt tanítója a szobába lépett.

Más alkalommal Algierből származó nagy hangyákat telepített Zürich környékére, ahol a kis *Lasius*-hangyák (2. ábra) mindig betolakodtak lakásaikba, míg végre az algieri faj magától megtanulta, hogy fészke bejáratait földből gyúrt golyókkal elzárja.

Megerősíti Forel a hangyabeszédről szóló adatokat is. Sőt azt is állítja, hogy legalább a *Formica*-hangya, mely a legeszesebb, határozottan választ a módszerekben, melyeket akarata teljesülésére czélszerűnek tart. Sőt bizonyos fokú érzelmekről is meg lehet győződni. A hangya, melyet egy párszor megharapott az ellensége, azontúl futva fut minden, még oly parányi hangyácskától is, de másnap már megint összeszedi magát. Más esetekben egyik-másik ellenségével szemben feltűnő kegyetlen, úgy hogy »egyéni és változó jellemekről« lehet beszélni. Elvégre igen nagy a figyelmük, melyet az egyszer tervbe vett munkánál annyira össze tudnak pontosítani, hogy minden más iránt érzéketlenek.

Mindez tehát erős argumentum Bethe és a neurofiziológusok ellen.

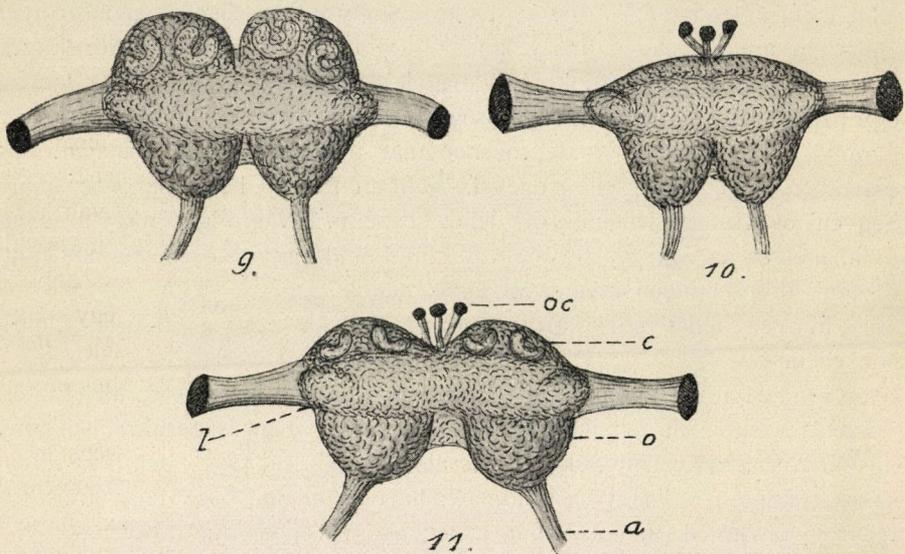
Forel munkája azonban még más valamire is tanított. Mivel kiterjesztette vizsgálatait nemcsak Hymenopterákra, hanem bogarakra, legyekre, pókokra is, észrevehette, hogy az alsóbbrendű állatok »lelki tulajdonságok« tekintetében nagyon különböznek. Úgy találta, hogy nagyon ostoba rovarok is vannak, nevezetesen a legyek, továbbá különösen a rövidéletű tiszavirág, meg hasonló neuropterák. Ezek igazán úgy élnek, mint az »állat«; minden cselekedetük csak automatizmus, mechanikus reakció a percz ingerére. Tanulásról szó sincsen. Forel összehasonlító agyvelővizsgálatokat is végzett s íme úgy találja, hogy ép úgy, mint az emlős állatoknál, a rovaroknál is az agyvelő bonyolultsága és nagysága bizonyos arányban van a lelki étellel. A legyeknek aránylag igen kis agyvelejök van, a hangyáké és méheké aránylag a legnagyobb. De még ezeknél is szoros kapcsolatban van az agyvelő fejlettsége az intelligenciával. Igen tanulságos képeket közöl e tárgyról, melyeket itt lemásoltam. A 9—11. ábra a *Lasius fuliginosus* Latr. agyvelejét ábrázolja. Látjuk a képeken, hogy az igen intelligens munkások agyveleje óriási, a náluk sokkalta nagyobb nőstényeké pedig már kisebb, ellenben a nagyon buta hímek agyában csak a lobus olfactorius és a lobus opticus, valamint a csápokhoz vezető neuronok vannak jól kifejlődve, az igazi agyvelő (a corpora pedunculata) teljesen elcsenevészedett.



Nagyjában véve tehát Forel meglepően hasonló viszonyokat talált a rovaroknál, mint a felsőbbrendű gerincesekről ismerjük.

A neurofiziológia e szerint meglehetősen kényes helyzetbe jutott, annyi-  
val inkább, minthogy a méhészek köréből is igen jól megokolt és erélyes  
visszautasításra talált.

Már Wasmann szemére veti Bethé-nek, hogy azért tévedett  
oly nagyon a hangyák megítélésében, mert nem ismeri a hangyák élet-  
szokásait. Ugyanezzel a szemrehányással támadják meg a neurofiziológiát  
a méhészek is. H. v. Buttel-Reepen, ki nemcsak fiziologus, hanem  
tapasztalt méhész is, ezért kötelességének tartotta, hogy Bethé-vel és



9—11. ábra. A *Lasius fuliginosus* agyveleje. 9. Dolgozó agyveleje. 10. Hím agyveleje.  
11. Nőstény agyveleje. *a* antenna-ideg, *o* lobus olfactorius, *l* lobus opticus, *oc* fiókszemek,  
*c* corpora pedunculata. (Forel nyomán.)

Uexküll-lel szemben érvényesítse tapasztalatait a méh »lelkéről«. Így  
jött létre igen érdekes munkája a méhekről,\* mely mintegy tíz<sup>2</sup> éves meg-  
figyelések összegezése.

Buttel-Reepen első sorban reámutat, hogy sok igen híres kézi-  
könyv és speciális munka a méhekről, így pl. Claus könyve a méhek  
államáról, Graber híres rovarmunkája, Hertwig R. zoológiai tan-  
könyve, Wundt felolvasásai az emberi és állati lélekről, tele van igen

\* H. v. Buttel-Reepen, Sind die Bienen Reflexmaschinen? Experimentelle Bei-  
träge zur Biologie der Honigbiene. Leipzig. 1900. (Kivonatossan a Biologisches Central-  
blattban is megjelent 1900-ban.)

kellemetlen félreértésekkel és téves állításokkal, a minék okát igen helyesen abban látja, hogy újabban megszűnt a tudományra nézve oly áldásos benső kapcsolat a tudomány és a gyakorlat emberei között.

Buttel-Reepen teljesen tisztában van a neurofiziológia jogosult követelményeivel. Tudja, mennyire függ szellemi életünk egyszerű tropismusoktól, tekintetbe veszi, hogy sok czélszerű és öntudatosnak látszó cselekvés az emberben is csak egyszerű reflex és nem felejtí azt sem, hogy még a legcsodálatosabbnak látszó ösztön sem más, mint a reflexek komplikációja. De mindezzel szemben joggal hangsúlyozza, hogy azon tehetségek, melyek, mindezeket leszámítva, egyéni tapasztalatok útján képződnek, már nem tartozhatnak a neurofiziológia keretébe, mert bennök nyilatkozik valami, miről Uexküll maga is beismerte,\* hogy a materiális folyamatokkal nincsen semmiféle kapcsolatban. Ez a valami az intelligencia, azaz a lélek.

Ennek következtében megkülönbözteti szorosán az ösztönöket a méhek többi tehetségeitől. Ösztön például a méhek kölcsönös megismerése, a mi valóban a fészekszagon alapszik. De Buttel-Reepen megkülönbözteti ezenkívül még a szagok egész sorát. Szerinte van még egyéni szag, családsgag, tápláló pépszag, hereszag, viaszkszag, mézsgag, melyek keverődéséből keletkezik csak a fészekszag. Kísérletileg bebizonyítja, hogy a méhek mindezekre reagálnak. Mivel azonban egy nagy kasban nemcsak vagy 30 családsgagot, hanem idestova 40000 féle egyéni szagot is föl kell tételeznünk, már ebből következteti, hogy a méhek érzékszervei bámulatosan finom szervezetűek.

E finom érzékszerveknek megfelelően bonyolultak tehetségeik is. Mint Wasmann a hangyákról, úgy Buttel-Reepen a méhekről is állítja, hogy van beszédjük. De nem a csápokkal beszélnek, hanem hangokkal. Bizonyítja ezt a következőkkel:

Ha egy kasból óvatosan eltávolítjuk a királynét, eleinte nem veszik észre a méhek. De körülbelül egy óra mulva zümmögésök megváltozik. Mély fájdalmas hangon zsonganak most. Ez az, a mit »sírásnak« nevez a méhész. A kas népén nyugtalanság vesz erőt, félbehagyják munkájukat, egyszóval észrevették, hogy nincs meg a királyné. Min veszik ezt észre? A királyné hiányzó egyéni szagán? Ez több okból nem valószínű. A királyné folyton jár-kei a kasban, azután a szag megragad a viaszkon és nem tűnik el oly hamar. Döntő e tekintetben, hogy akkor is sírnak, mikor a királynét a kasban hagyjuk, de kis kalitkába zárjuk. Nem lehet ezt mással magyarázni, mint hogy *észreveszik*, hogy a királynéval baj van és ezt egymással közlik. Mivel? Valószínűleg a sírással.

\* v. Uexküll, Über die Stellung der vergleichenden Psychologie zur Hypothese der Tierseele. (Biologisches Centralblatt. 1900.)

Rajzáskor megint más, sokkal élesebb hangon szólnak. Hogy ezt a hangot megérti a méh, meglátszik abból, hogy még a rajzásra nem kész nép is abban hagyja munkáját, ha közelökben a rajzás hangja hallatszik.

Egy további kifejezés az úgynevezett *perczegés*. Ez hívogató hang. Ha rajzáskor a méhfürtöt fehér lepedőre öntjük és melléje teljesen új kast teszünk, nem foglalják el a méhek. Ha azonban kanállal néhány méhet a repülőnyílásra dobunk, akkor bevonulnak, de néhány mindig künn marad és igen sajátos perczegő hangot ad, melynek hallatára azután a többi méh széles áramban vonul be a kasba.

Igen különös a »méh nyelv«-ben a királynék *tütölése* és brekegése. Ezt akkor lehet megfigyelni, mikor első rajzás után a méh még hajlandó újabb rajzásra és ezért nem rontja le a bölcsősejteket. Ekkor az öreg királyné izgatottan el kezd tütölni, mire a fejlődő, de sejtjeikből ki nem szabaduló fiatal királynék igen sajátos brekegő hangokat adnak. Ez a »párbeszéd« azután napokig is eltart. Ha egy királyné véletlenül idegen kasba kerül, mely esetben rendesen megtámadja az idegen népet, megint másfajta hangokat ad, melyeket mi is ijedelem hangjainak érzünk és melyek izgalomba ejtik az egész népet.

Mint látjuk, a méh egyáltalában nincs hijával a különböző kifejezéseknek, a mi már reflexekkel nem igen magyarázható, ha nem akarjuk (a fent leirt »párbeszéd« példájában) föltételezni, hogy e reflexek öntudatlan, de intelligens rendszerben is tudnak érvényesülni, mire különben néhány újabb pszichologus szintén hajlandó.

Reflexszel egyáltalában nem magyarázható a méheknek kétségen kívül álló emlékező tehetsége.

Ennek tárgyalása B u t t e l-R e e p e n-t heves összetűzésbe ejti Bethével. Azt ugyan megerősíti, a mit Bethe a kasok eltolásánál észlelt, de egyáltalában tagadja, hogy valami ismeretlen erő az, mi a méheket hazavezeti. Azt mondja, ez állítólagos »ismeretlen« erő nem más, mint az emlékező tehetség. És ennek bizonyítására sok érdekes adattal szolgál. Figyelmeztet F r a n ç o i s H u b e r-nek rég elfelejtett kísérleteire 1813-ból, melyekből kiderült, hogy azok a méhek, melyeket H u b e r ősszel ablakán mézzel etetett, tavasszal visszajöttek az ablakhoz, ámbár akkor ott nem volt méz! Különösen döntőnek tartja e tekintetben, hogy a chloroformmal vagy étherrel narkotizált méhek nem találnak többé vissza a kashoz. Azt is kipróbálta, milyen hosszú idő kell ahhoz, hogy a más kasba helyezett méhek elfelejtsék azelőtti útjaikat és úgy találja, hogy 5—6 hét múlva már nem találnak vissza a régi kashoz. Különösen szépek azok a megfigyelések, melyeket nagy fáradsággal báró Berlepsch végzett, a ki lóhátan kísérte azt a néhány méhet, mely rajzáskor magában indul el. Úgy találta, hogy ezek az úgynevezett nyomozó méhek alkalmas helyet kerestek a megtelepedésre. Minden fát, minden deszkapalánkot gondosan

megvizsgáltak; azután visszatértek és az egész raj élén egyenesen, keresés nélkül a választott helyre szálltak. Ez a tény határozottan bizonyítja, egyrészt, hogy a méhek tudnak egymással »tényeket« közölni, másrészt pedig valóban jó bizonyíték a méhek emlékező tehetségére. Hivatkozik különben még Dr. Dzierzon-ra is, ki *80 éves tapasztalatai* után szintén meg van győződve a méhek emlékező tehetségéről.

Megismételte Buttel-Reepen, Bethely csodálatos skatulyakísérleteit is hasonló eredménnyel. De másképen magyarázza őket, azt mondván, hogy a méhek mindig csak tájékoztató röpkülésre vállalkoztak és ezért tértek vissza a kiindulás helyére, mert az ismeretlen vidéken nem ismerték ki magukat, de a skatulyára és helyére még emlékeztek. Bethely platánfa-kísérletének eredményét is kétségbe vonja; arra utal, hogy a munkás méh nyáron csak 6—7 hétig él, tehát azok a méhek, melyek három hónappal a fa ledöntése után kitértek előle, semmi esetre sem tudtak valamit létezéséről.

Azt hiszem azonban, hogy Buttel-Reepen e tekintetben mégse találta fején a szöveget. Mert ez argumentummal sincsen megmagyarázva, miért térnek ki a méhek valami elől, a mi már nincs. Ha emlékeztek még rá, hogyan van, hogy első kirepülésük után, mikor a fát már nem látták, nem hatott rájuk az új tapasztalat? Vagy fel kell tételeznünk, hogy emlékezetük ereje nagyobb, mint közvetlen érzéki tapasztalataik hatása, és ekkor megint azon a ponton vagyunk, hogy a méh agya másképen működik, mint a miénk, vagy pedig Bethelyvel azt kell mondani ez esetben: ignoramus. Hogy az időközben megszületett méhek, melyek sohasem látták a fát, mégis kitértek előle, az még csak rejtélyesebbé teszi a kérdést.

Buttel-Reepen maga is érzi, hogy magyarázata itt nem kielégítő, mert e fejezet végén bevallja, hogy ő is hiszi, hogy a méh másképen tájékozódik a földön, mint mi.\* Tudvalevőleg ezt tartotta Lubbock is.

De ezt nem tekintve, mondhatjuk, hogy nagyon valószínűvé tette, hogy a méhek tudnak emlékezni. Azt állítja továbbá, hogy tanulnak is. E tekintetben is kielégítő bizonyítékokkal szolgál. Nagyon helyesen mondja, hogy felejtani csak az tud, a ki tanult valamit. Mivel pedig a méh chloroformozás után elfelejti az utat a kashoz, nagyon valószínű, hogy ezt nem automatikusan, vagy ösztönszerűleg találja meg, hanem mert annak idején megtanulta. Hasonlóképpen tanulásra vonatkoztatja a méhek ismeretes »előjátékát« tavasszal a mézhordás kezdetén. Ilyenkor mindig számos fiatal méhet látunk a kas előtt lebegni, majd kisebb-nagyobb körökben körülszállongják és csak ezután indulnak ki a virágokhoz.

\* Könyvének 62. lapján.

Buttel-Reepen arra figyelmeztet, hogy a méhek ilyenkor mindig a kasra néznek. Mivel pedig a tapasztalt méh nyilsebességgel egyenesen tovarepül, nyilván már ismeri lakása környékét, megtanulta annak idején és jól megnézte, mikor először kirepült.

Ez alkalommal megemlíthetünk különben egy tényt, mely világosan tanúsítja, milyen nehéz e kérdésekben a tájékozódás és milyen könnyen lehet reflexeket az intelligenciával összetéveszteni. Buttel-Reepen részletesen foglalkozik a méhek viselkedésével a pohánka (*Polygonum Fagopyrum*) virágzásakor. Leírja, milyen fáradhatatlan a méh, mikor pohánka illatos virágtengere csalogatja. De csak korán reggel. Már 10 órakor alig látni egy-két méhet, pedig nyitva maradt minden virág, illatával, színpompájával ép úgy hívogat mint azelőtt. A rejtvény megoldását abban találja, hogy a méh tudja, hogy a pohánka nektármirigyei csak reggel választanak el virágmézet és ezt szintén a tanulás példájának említi. Véleményem szerint azonban ez nem következik ebből. Buttel-Reepen maga konstataulta, hogy a méh megkülönbözteti a mézszagot, itt tehát sokkal közelebb fekvő az a föltevés, hogy a mézelválasztás megszűnésével megszűnt a szaginger is, mely a méhet a pohánkához vonzza.

De ezt nem tekintve, mégsem férhet kétség az előbbi megfigyelésekhez s így föltehetjük, hogy *a méh bizonyos szerény mértékben tud emlékezni és az emlékezetből okulni.*

Különben van Buttel-Reepen könyvében elég más példa is, hogy a méh nincs hijával a szellemi élet primordiumainak.

Figyelmeztet egyebek közt a méhek játékára, melyet a méhészek jól ismernek és hintázásnak neveznek. Meleg nyári estéken sokszor látni a gyűjtőmunka bevégezése után a kasok repülődeszkáján nagyszámú méhet, mely szépen glédában áll. Lefüggesztett fejjel, szabályosan egyöntetű mozgásokkal olyformán viselkednek, mintha taktusban nyálnak a deszkát. Ezt azonban nem teszik, hanem csak jókedvűen zümmögnek. Az egész jelenség teljesen érthetetlen, ha nem mulatságnak, játéknak tartjuk.

És így összefoglalja Buttel-Reepen tapasztalatainak gazdag sorát azon itélettel, hogy a méhek szellemileg hasonlóképen viselkednek, mint az ember, habár van némi eltérés. Emlékező tehetségök kitünő, nincsenek zavarban, ha társaikkal közölni kell valamit; rövid életökben aránylag sok tapasztalatot gyűjtenek, *semmi esetre sem reflexgépek, hanem szellemileg tevékeny, intelligens állatok.*

Ennyi czáfolattal szemben Bethe nem maradhatott tétlenül. Új kísérletekbe fogott és eredményeket annyira kielégítőnek tartotta, hogy csak némely alárendelt pontban vont vissza előbbi véleményét, nagyjában véve azonban mégis azon állásponton marad, hogy a méhek és

hangyák nem születtek önálló lelki működésre.\* Különös súlyt helyez a következő új kísérletre. A Nápolyi-öbölben, a Vesuv tővében álló méhkasból kivitt magával a tengerre néhány méhet és vagy 1500—1700 méter távolságban kieresztette őket. A kas helyét onnan igen jól lehetett látni, mert néhány szép pinia jelezte, mely közvetlenül mellette állott. A méhek nem találtak vissza, mit elméletének bizonyítékául tekintett. Ezzel szemben későbbben *Buttel-Reepen* azt hangsúlyozta, hogy először is látással nem találhattak vissza a méhek, mert távolba nem jól látnak, másodsor azonban ez semmit sem bizonyít az »ismeretlen erő« javára, mert ennek éppen ilyen esetben kellett volna működnie.

Erre azután *Bethe* nagyon különös argumentummal felelt. Azt mondja ugyanis, hogy kísérlete mégis az »ismeretlen erő« javára bizonyít, »mert ő ezen olyasvalamit ért, a mit azért nem akar közelebről magyarázni, mert túlságos nagy volna miatta a megrökönyödés.«

És ez a titokzatos mondás körülbelül az utolsó fontosabb tény, melylyel a tudomány az utolsó években szolgálta a rovarok lelkének éppannyira nehéz, mint érdekes ismeretét.

\*

Midőn lezárom e fejezetet, jól érzem, hogy most következik csak vállalkozásom nehéz része. Eddig csak összeállítottam, a mit tudunk, most előttünk van a tényekből kideríteni, a mit még nem tudunk.

Mindenekelőtt foglaljuk össze a változó vélemények chaoszából azt, a mihez már nem fér kétség, vagy a miben megegyeztek a tudósok. Azt láttuk, hogy *Bethe* és a neurofiziológusok alapmeggyőződésében, mely szerint a rovarok csak reflexgépek, nem osztozik ama három tudós, ki sokévi tapasztalataival legilletékesebb a kérdés eldöntésére. A neurofiziológia szerint a gerincztelen állatokban csak a protoplazma eredeti érzékenysége működik. Ők a komplikáció első fokozatát érték csak el, mikor a tropismusok összejátszása reflexeket idéz elő, melyeket, ha átörökölődnek, ösztönnek nevezünk. Ez ösztönöknek úgy engedelmessé válnak, mint a gyermekjátékul szolgáló pléhkacsa a mágnesnek, mely dirigálja. Meggyőződésük szerint csak a felsőbb gerinczes állatokban keletkezik új komplikáció, a modifikáló tehetség, melyen azt értik, hogy az állat korábbi individuális tapasztalatok révén tudja cselekedeteit megváltoztatni. Ezt nevezik lelki működésnek. Ez megvan a velünk közelebb rokon gerinczesekben és az emberben. Ily módon föltételezik, hogy a »lélek« is részt vesz az állatvilág phylogenetikai fejlődésében és a mi eszünk is

\* *A. Bethe*, Noch einmal über die psychischen Qualitäten der Ameisen u. Bienen. (Archiv für Physiologie 1900.), valamint részletesebben *A. Bethe*, Die Heimkehrfähigkeit der Ameisen und Bienen. Zum Teil nach neuen Versuchen. (Biologisches Centralblatt. 22. köt. 1901. 7. és 8. sz.)

csak épúgy fejlődött az amoeba tropismusaiból, mint testünk az első sejt anyagából.

Azért foglaltam össze itt dióhéjban a neurofiziológia velejét, mert így egy csapással kiderül, hogy mit nem fogadhat el a kapott eredmények alapján ebből Forel és Buttel-Reepen; szerintök a »lélek« nemcsak a felsőbbrendű gerinczesekben, hanem már a rovarokban is képződött; máskülönbön ugyanazon állásponton vannak mint a neurofiziológia.

Eredményeik alapján azonban meg kell adnunk, hogy igazuk van. A méh és hangya tud tanulni, tehát intelligens állat. Nagyon téves volna azonban, ha ebből azt következtetnők, hogy ezért velünk teljesen egyenlő értékű. Nézetem szerint nemcsak *alacsonyabb rangú* az intelligenciája, mint Buttel-Reepen tartja, hanem egyszersmind *másrendű* is.

Következik ez már abból, hogy ez állatok érzékszervei részben másképen működnek, mint a miénk. Már Lubbock kimutatta, hogy a hangya észreveszi a spektrum ibolyaszínén túl lévő sugarakat és Forel megerősíti ezt. Ez annyit jelent, hogy a hangya lát akkor is, mikor mi sötétségben vagyunk. Lubbock kísérleteiből azt a meggyőződést szerezte, hogy a hangyák hallanak hangokat, mikor nekünk minden csendes. Forel és Wasmann fölfedezi a hangyák topochemiai érzékét: ők alakokat szagolnak, mikor mi még a szagok irányát sem tudjuk orrunkkal megállapítani. Bethé platánfa-kísérletével bebizonyítja, hogy a méhek érzékenyek bizonyos fizikai állapotok iránt, melyekről mi nem tudunk semmit, Buttel-Reepen is azon meggyőződésre jut, hogy valami különös módon tudnak tájékozódni; ugyanő kimutatja, hogy szaglásuk szinte hihetetlen bonyolult, s mindez eléggé tanúsítja, hogy a külvilág másképen hat a méh és hangya agyára, mint a mienkre. Mivel pedig az agyvelő működése nálunk az érzékszervek működésétől függ, nagyon valószínű, hogy e rovarok világképe és »öntudata« (mert a ki lelkileg tanul, annak öntudata van) más, mint a miénk.

Ha ezt elismerjük, akkor ebből sok minden érdekes és fontos következik. Mindenekelőtt az, a mit Entz Géza, más úton haladva ugyan, felette tanulságos cikkében az állatok színéről\* szintén kifejtett, hogy nincsen jogunkban az állatok színezetét, meg a virágok alakjait, meg színeit olyan teleologikusan magyarázni, mint ezt a darwinizmus teszi, mikor védő- és dacszínéről, csalogató és ijesztő színezetekről szól és ezek segítségével támogatja a mimicry hipotézisét. Itt csak egy igen találó példára akarok figyelmeztetni, mely az épen nevezett dolgozat számtalan érdekes tényei során már nem fért el. J. Kossonogoff orosz

\* Entz G., Az állatok színe és a mimicry. I., II. (Természettudományi Közöny, XXXVI. köt. 1904.)

fizikus\* legújabbán fölfedezte, hogy a lepkeszárnyak káprázatos színei azon parányi kis szemecskéktől erednek, melyek a szárnypikkelyek párvonalos bordáin székelnek. Ezek oly parányiak, hogy fényrezonanciát idéznek elő, azaz selectiv reflexió által a nagyságuknak megfelelő hosszú színes fénysugarakat verik vissza. Tudva most, hogy az ibolyántúli szín-sugarak hullámhossza 0.000398 mm, nagy meglepetésünkre szolgál, hogy minden fekete lepkeszárny pikkelyszemecskéi épen ilyen nagyságúak. A hangya (s valószínűleg a többi rovar is) tehát azon lepkéket, melyeket mi feketének látunk, a legragyogóbb színpompában pillantja meg. Ez után már képzelhetjük, mennyire nem helyesek mindazon föltevések, melyek azon alapulnak, hogy az állatok is úgy látnak mint mi.

De ez számunkra most csak *érdekes* következtetés; a *fontos* az, hogy nem ismerve a rovarok érzéki világát, fogalmunk sem lehet igazi psychéjükről. Ennek nyilvánulásai igen alacsony rangúak lehetnek és mégis már oly csodálatos tehetségek formájában nyilatkoznak meg, mint a kísérletek leírásánál láttuk. Ha tehát méltányosan és elfogulatlanul akarunk ítélni e kérdésben, azt kell mondanunk, *hogy ez idő szerint a méhek és hangyák lelki nyilvánulásainak sem milyenségéről, sem fejlettsége fokáról biztosat nem tudunk.*

Ezzel azonban még nem merítettük ki tárgyunkat. Nevezetesen nem lehet visszautasítanunk azon kérdést, hogy az, a mit a rovarok psychéjéről ismerünk, beleillik-e még az organikus természet fejlődésének útjába? a neurofiziológia nyelvén szólva, milyen komponensekből alakul a hangyák és méhek idegéletteni komplikációja? E kérdés eldöntése elvileg is nagyon fontos, mert ismerünk számos állatot, mely a természet fejlődésének sorozatában sokkal magasabb helyet foglal el, de ösztöneiben, cselekvésében mélyen hátramarad rovaraink mögött. Ilyen pl. sok hal, csiga, kagyló, egyes kigyók, sőt madarak is. A kérdés eldöntése igen vonzó. Nem más mint az állatok psychobiológiájának összehasonlító tanulmányozása. De, ha okulni vágyódnánk, kutatunk az irodalomban, azt fogjuk találni, hogy e munka még csak alig a kezdetén van. Voltaképen tudományosan csak 1899-ben kezdte ezt J. Loeb, a modern idegélettan egyik nagymestere.\*\* Összefüggésben fokról fokra nem vizsgálta ezt még senki. Csak Forel kezdett ilyen irányban előmunkálatokat, mint utolsó munkájának megítéléséből tudjuk. És legújabbán Buttel-Reepen, jól érezve e munka fontosságát, megpróbálta a házi méh szellemi fejlődését phylogenetikájából magyarázni.\*\*\* Kérdésünk legfontosabb pontjáról tehát már van

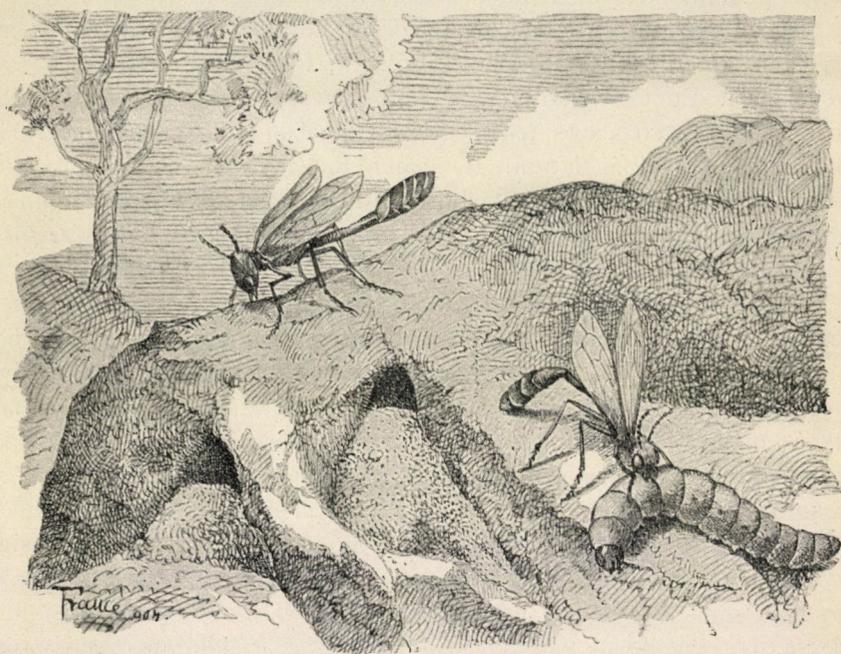
\* E. Kossonogoff, Über optische Resonanz. (Physikalische Zeitschrift. 1904.)

\*\* J. Loeb, Einleitung in die vergleichende Gehirnphysiologie etc. Leipzig, 1899.

\*\*\* Dr. H. v. Buttel-Reepen, Die stammesgeschichtliche Entstehung des Bienenstaates, sowie Beiträge zur Lebensweise der solitären und socialen Bienen. (Hummeln. Meliponen etc.) Leipzig, 1903.

némi tájékozódásunk és ezért ne mulasztjuk ezt céljainkra még értékesíteni.

Müller Hermann, a virágtermékenyítés nagynevű kutatója, 1872-ben Darwin selectió-elvének alapján próbálta levezetni a méheket a többi Hymenopterákból. Akkortájt igen szívesen foglalkoztak ilyen kérdésekkel, melyeket nagyon egyszerű eljárással véltek megoldhatni. Összekeresték a hasonló jellemvonásokat és az egyszerűbben fejlődött állatból levezették a bonyolultabbat; fejlődési szkémába osztották be az ismert alakokat, és ezzel a »származás« be volt bizonyítva. Csak idővel tanultuk meg, hogy a természet útjai nem olyan egyenesek és hogy a viszonyokhoz



12. ábra. A homoki darázs (*Ammophila sabulosa*) és fészke. (Schmidt nyomán.)

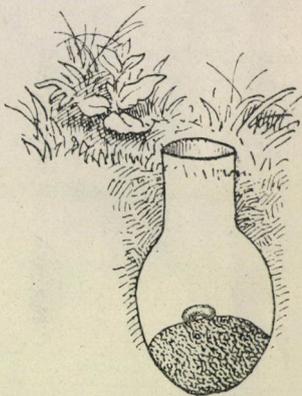
való alkalmazkodás sok minden visszafejlődést, sőt ugrást is eredményez, úgy hogy nagyon különböző őstől származó állatok nagyon hasonlóak lehetnek. Nem sokkal értékesebb volt, mikor A. Friese híres hymenopterologus néhány évvel ezelőtt újra csoportosította a méheket. Ő a gyűjtőkészülék fejlettségét veszi mértékadónak és azon Hymenopterákat, melyek e tekintetben csak kezdetlegesen vannak felszerelve, ősalakoknak tekinti.

Buttel-Reepen pedig egyszerűen mértékadónak tekinti az e két tudós megállapította származás-fát, a helyett hogy a jelen sokkal fejlettebb ismeretei segítségével megrostálta volna. De tételezzük fel, hogy

ezzel nem valami nagy hibát követett el és hogy a házi méhek, dongó méhek, darazsak és magános méhek közös ősei valóban a gyilkos, vagy ásó darazsak. Nem szabad azonban itt megfélekednünk, hogy még a társas életű méhek is két csoportra oszlanak, melyek egymással ugyan nem közel rokonok. Ezek az *Apis* nemhez tartozó méhek, meg a fulánktalan *Melipona* és *Trigona* méhek. Ezek megint csak távol rokonok a *Bombus*-félékkel. Az *Apis* ősei tehát mind kihaltak és csak a magánosan élő méhek azok, melyekről sejthetjük, hogy belőlök fejlődött valamikor mézelő méhünk. Ezen nagy hiányok dacára Buttel-Reepen mégis megpróbálta feladatát megközelíteni, de ép ezért nem akarnék még véglegesen bízni eredményeiben.

Mindenekelőtt konstatálja, hogy lényeges különbség a méhek és gyilkos darazsak közt voltaképen csak az, hogy az utóbbiak fiatalaikat hússal, a méhek pedig növényi eledellel táplálják. A rablódarazsak életmódja meglehetősen egyszerű. Vegyük mintának a közönséges homoki darazsat (*Ammophila sabulosa*) (12. ábra). Ez agyagos falakba lyukat ás a vakondok módjára dolgozva, azaz hátsó lábaival maga alól kihányja a földet. Ennek befejeztével gyilkos útjára indul. Aránylag nagy hernyókat fog és igen ügyes fulánkdőfással megbénítja, ásott odujába vonszolja, petéjét reá rakja és a bejárást kis rögöcskéekkel, kövecskékkel, fadarabkákkal ügyesen elzárja. Ez után nem törődik többé a lárvával, hanem tápláléka után lát. Ő maga virágport és nektárt eszik és nem keresi a húst. A kibúvó lárvamegeszi a hernyót, miközben teljesen kifejlődik és önállóan él tovább. A fejlődő rovar nagysága azonban mindig bizonyos arányban van táplálékával; ha nem elég egy hernyó, akkor az anyadarázs többet hord a lyukba, de mindig annyit, hogy lárvájának teljes kifejlődése biztosítva van. De ezt a pete fejlődése előtt teszi, tehát ösztönének megvan a szükséges táplálékmenyiség »tudata«. Nem kevésbé csodálatos, hogy a rabló darázs egészen szakszerű orvosi műtétet végez, hogy áldozatát megbénítsa. A *Cerceris Dufouri* például csak a *Cleonus ophthalmicus* nevű ormányos bogárra vadászik. Fejébe harap és fulánkját mindig bizonyos helyre szúrja, a prothorax ízületébe oda, hol a mellganglionok vannak. »Ösztöne« tehát meglepően »öntudatlanul intelligens«.

Tehát már a legprimitív méhősök életében is fontos tényező több olyan érthetetlenül »meggondolt« cselekvés, mint a milyent a



13. ábra. Az *Osmia papaveris*-méh fészke. (Buttel-Reepen nyomán.)

házi méh életében csodálunk. Mindez ugyan nem fordul elő Buttel-Reepen könyvében, de okvetetlenül oda illett volna, mert csak ez előismeretekkel lehet megkezdeni a méhélet magyarázatát.

Ő azonban a magánosan élő méhek tárgyalásával kezdi, azon eredménynyel, hogy phylogenetikai fejlődésök egyszersmind az ösztönök fejlődésével járt. Bizonyítja pedig a következőkkel:

Vannak méhfélék, melyek nem építenek több sejtből álló fészket. Ilyenek nevezetesen az *Osmia*-félék. Legegyszerűbb típusuk az *Osmia*

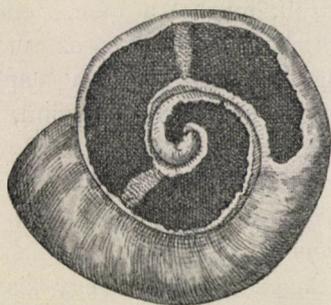


14. ábra. A *Megachile centuncularis* méh rózsalevéllal kirakott fészke. Mellette röptülő nőstény. (Buttel-Reepen nyomán.)

*papaveris*. Ez a homokos talajba merőleges lyukat ás (13. ábra), melyet belül a pipacsvirág hosszú sávokba szeldelt viráglevelével kirak. Azután a buzavirág himporából és nektárjából annyit halmoz fel a fészekben, a mennyi a fejlődésre kell a lárvának, végül pedig petéjét rakja le. Hasonlóképpen teszi a *Megachile* méh, melynek rózsalevéllal kirakott fészket 14. rajzunkon ábrázoltuk. E kirakás teljesen érthetetlen, mert a méhek fészket mindig szilárd talajba építik, úgy hogy bedüléstől nincs mit félniök. Csak arra lehet gondolni, hogy a levelekben valami antiseptikus anyag

van, mely a penészgombák növekedését megakadályozza. Ez esetben azonban e tapasztó ösztön megint vagy fejlett gondolkodást tételez fel, vagy pedig egyáltalán érthetetlen. Az *Osmia* t. i. sohasem tér vissza fészkéhez és így nem szerezhettek tapasztalatokat tapasztó munkájának hasznáról. Más *Osmia*-félék megkímélik magukat a fészekásás terhes munkájától, hanem csigahéjakba rakják petéiket.

Ilyen pl. az *Osmia aurulenta*, mely a *Helix pomatia*, *hortensis* stb.



15.



16.



17.

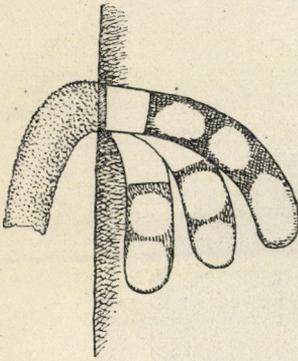


18.

15—18. ábra. *Osmia*-félék és fészkeik. 15. Az *Osmia aurulenta* fészke csigaházban. 16. Az *Osmia bicolor* nősténye, 17. híme, 18. védő építménye fenyőtűkből fészke körül. Fél nagyságban. (Frie se nyomán.)

üres házait alakítja méhfészkeké (15—18. ábra); összerágott növények adta pépből válaszfalakat épít benne és az így keletkező sejtekbe hímport hord és egy-egy petét rak. Az utolsó sejtet azonban üresen hagyja, de jól elzárja. Ennek következménye, hogy a fürkésző darazsak sohasem tudnak ártani az *Osmia*-lárváknak, mert megszúrják ugyan az első sejtet, de ez üres lévén, tétlenül elvonulnak. A csigaház körül azonban az *Osmia* még védőburkot is emel fenyőtűkből, összerágott szénából és fadarabkákból.

ból (18. ábra), véges végül még mohokat és leveleket is szór reá, úgy hogy fölismerhetetlenné teszi. De ezt nem mindenütt teszi. Friese pl. nem figyelte ezt még,\* holott Schmiedeknecht már a múlt század nyolczvanas éveiben látta.\*\* Ebből Buttel-Reepen azt következteti, hogy a méhek ez ösztöne csak most fejlődik ki. Friese különben e megfigyelések alkalmával konstataálta, hogy az *Osmia* tájékozódó tehetsége legalább is olyan fejlett mint a mézelő méhé, mert egyenesen, habozás nélkül, sebes röpüléssel visszatalál a megkezdett védőrákáshoz, melynek elkészítése hetekig tart; mire elkészült, meghal a méh, tehát sohasem győződik meg, vajjon fáradsága hasznos volt-e az utódoknak. Itt is azt kell mondanunk: vagy nagyfokú intelligencia alapján dolgozik az *Osmia*-méh, vagy pedig, mivel ez nem valószínű, ösztöne úgy működik, mint valami öntudatlan ész.



19. Az *Anthophora parietina* méh elágazó, többsejtű fészke. (Buttel-Reepen nyomán.)

Az *Osmia* rokonai közt van olyan, mely összetett fészket épít. Ilyen például az *Anthophora parietina*, melynek fészke néhány elágazó csőből és egy kis előépületből áll (19. ábra). Ez *Anthophora*-ról Friese igen érdekes adatokkal szolgál. Azt írja,\*\* hogy Budapest közelében a Rákoson egyszer néhány csűr agyagfalában annyi *Anthophora* fészket talált, hogy a falban mintegy 8—10000 lyuk volt. Mikor azonban hálójával néhányat nyugtalanított, egy csapással mind ellene fordult, úgy hogy a közös érdekek védelmezésében a házi méh társas életének első nyomait már látjuk. Ugyanez nyilatkozik abban is, hogy az *Anthophorák*, *Xylocopák*

és más magánosan élő méhek őszzel csapatba verődnek össze, és együtt telelnek.

Egy másik ilyen méh, a *Halictus*, agyagban már hasonló sejteket váj, mint házi méhünk (20. ábra). Itt már 10—20 nőstény áll össze egy csapatba és közös fészket épít. Sőt már a munkamegosztás is nyilatkozik, mert e nőstények egyike mindig őrt áll a fészkek bejáratánál. A *Halictus* és az *Apis* életmódja közt már nincsen sok lényeges különbség, és Buttel-Reepen azt hiszi, hogy a *Halictus*-félék körében indult

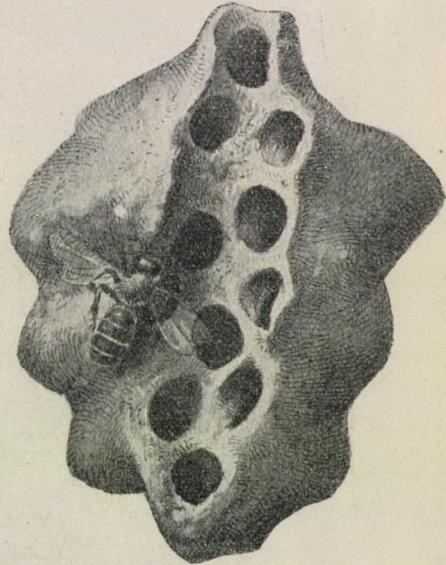
\* H. Friese, Über Osmiennester. (Illustrierte Zeitschrift f. Entomologie 1898.)

\*\* H. L. Schmiedeknecht, Apidae Europaeae, Gumperda und Berlin. 1882—1886. című munkájában.

\*\*\* H. Friese, Beiträge zur Biologie der solitären Blumenwespen. (Zoolog. Jahrbücher. Abteil. f. Systematik. 1891.)

meg az a »szellemi fejlődés«, melynek eredménye mézelő méhünk mai életmódja.

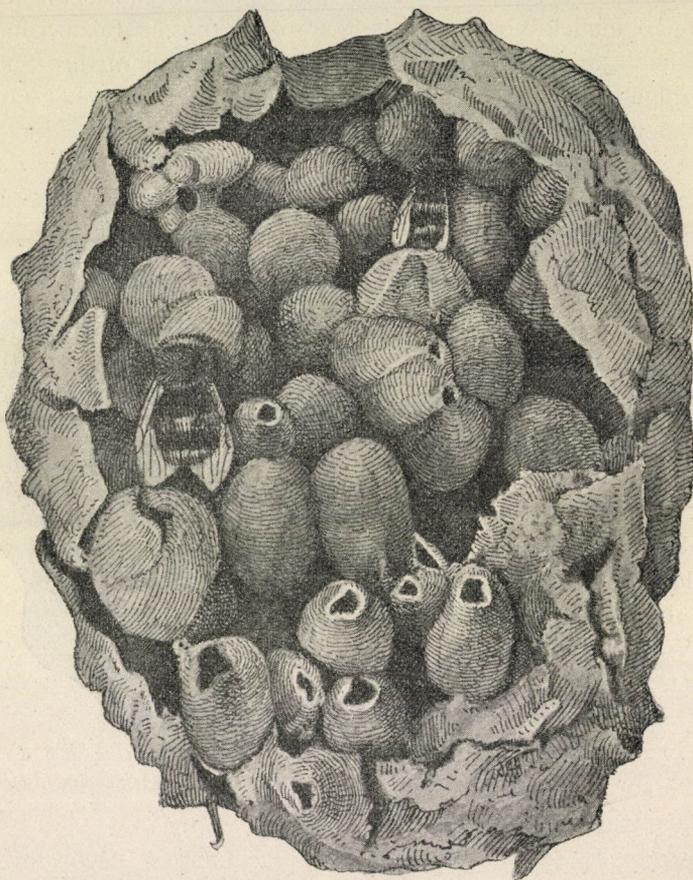
Habár a dongó méhek nem közel rokonok, életmódjokkal mégis összekapcsolják a Halictust és az Apist. A *Bombus terrestris* fészke (21. ábra) egyrészt nagyon emlékeztet bizonyos *Osmia*-félékére (különösen hasonló az *Osmia emarginata* fészke), másrészt a fészek anyja nyáron már csak úgy viselkedik, mint házi méhünk királynéja. Máskülönb pedig a dongó méhek »ösztonei« is már olyan magas fokon vannak sok dologban, mint az Apisoké. Talán elég, ha e tekintetben csak egy példával szolgálunk. »De insectis« című munkájában 1685-ben Goedard írja először, hogy a dongó méhek fészkeiből korán reggel kibújik egy méh, a fészek tetejére ül és elkezd dongani, addig, míg a fészek valamennyi lakosa fel nem ébred. Ezt mesének tartották, de néhány évvel ezelőtt sokszorosan megerősítették a különös tény. A Bombusok »trombitása« azóta meglehetősen híre vergődött. Buttel-Reepen is foglalkozik e sajátságos jelenséggel. Abban persze nem hisz, hogy az állatka társait fel akarja ébreszteni, hanem összehasonlítja az *Apis mellifica* ismeretes kasszellőztető munkásságával. Ha t. i. a kasban nagyon rossz a levegő, a méhek bizonyos távolságban sorba állnak és szárnyaikkal oly ügyesen legyez-



20. A *Halictus quadricinctus* méh és agyagba vájt fészke. (Buttel-Reepen nyomán.)

nek, hogy rövid idő alatt megújítják a kasban lévő levegőt, a melyből néha másfél liternyi nedvességet távolítanak el. A dongó méhek »trombitása« is hasonlót művel; a fészek tetején lévő szellőztető nyílások valamelyikéhez áll és heves szárnymozgásával megújítja a fészek belsejében lévő levegőt. Hogy miért történik ez épen korán reggel, arra könnyen meg lehet felelni, ha meggondoljuk, hogy éjjel a sok dongó méh lélekezése nem javíthatja a levegőt, annyival inkább, mivel a Bombusok éjjel bocsátják ki ürülékeiket is. Mindenesetre e példa eléggé igazolja, hogy, ha a méhet intelligens állatnak kell tartanunk, nem szabad ezt a dongó méhektől sem megtagadnunk.

További átmenet a *Melipona* és *Trigona* méhek életmódja is. Ezt legújabbán H. v. Ihering tanulmányozta behatóan Braziliában.\* A munkamegosztás már olyan, mint a mi méhünkénél; vannak »munkások«, a királyné pedig nem dolgozik, hanem csak petét rak. A sejtek már szabályosak. Ez érdekes állatkák (22—23. ábra) részben külsőleg is nagyon hasonlítanak az Apishoz, melytől azonban igen lényegesen különböznek



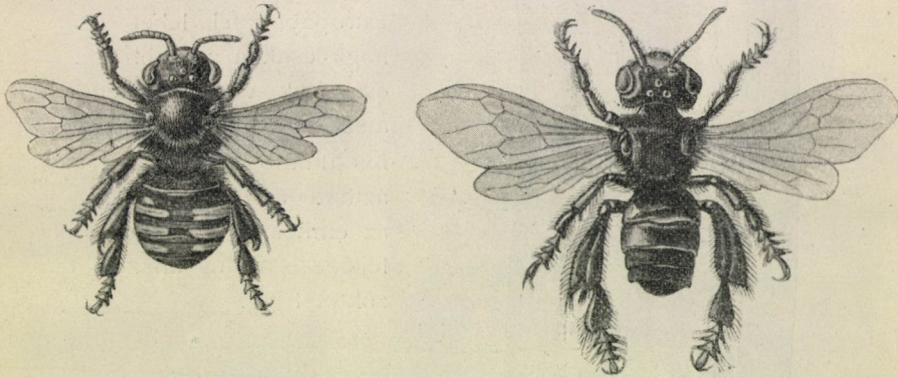
21. ábra. A *Bombus terrestris* földi dongó méh fészke. (Buttel-Reepen nyomán.)

a fulánk hiányával; a nagyon erős állkapcsaikkal harapott sebek azonban mégis több heti gyógyulást kívánnak. A Meliponák fészkei rendkívül érdekesek. Rendszeren korhadt fában építik. Hosszú agyagcső vezet a vízszintes sorokban elhelyezett sejtekhez (24. ábra), melyeket többszörös viaszfal vesz körül. Fentt és lentt éléskamrák vannak, azaz nagyszámú

\* H. v. Ihering, Biologie der stachellosen Honigbienen Brasiliens. (Zoolog. Jahrbücher, Abteilung f. Systematik. 1903.)

viaszkedény tele mézzel (24. ábra v.). Vastag agyagfal zárja el mindkét felől az egész fészket, melynek építése nem tételez fel kevésbé csodálatos »öszönöket« mint a mi méhünk lakása.

Hasonló az indiai *Apis dorsata* és *Apis florea* fészke is, mely volta-képen már csak abban különbözik az *Apis mellificá*-étól, hogy a munkások ott még herepetéket is tudnak rakni. Kétséggkívül áll azonban, hogy a mi méhünk az életmód bonyolultsága és a munkamegosztás tökéletessége tekintetében legmagasabb rangra tarthat számot. Sőt azt sem lehet kizárnunk, hogy valami »műveltségi fejlődésen« is átment — mit különben Maeterlinck is állít és Buttel-Reepen is beismert — mert például a *Meliponák* szokásaikban (a királyné iránt való magaviseletökben, az ivadék gondozásában stb.) ép olyan czélszerűek ugyan, de nem oly figyelmesek és gondosak; egész életök még primitívebb, szabadabb,



22—23. ábra. Délamerikai fulánktalan méhek. 22. *Melipona anthidioides*. 23. *Trigona bipunctata*. Valamivel nagyítva. (Hering nyomán.)

nincsen annyira bizonyos törvényeknek alávetve, mint a mi méhünké. Így pl. a méh közmondásos szorgalma is, úgy látszik, csak a »műveltség« terméke, mert az amerikai méhek korántsem olyan fáradhatatlanok, sőt vannak *Trigona*-fajok, melyek lusták; este fészkek nyílását finom viasz-ajtóval rekesztik be, melyet a legszebb reggelen is sokszor csak 10 óra-kor bontanak ki.

\*

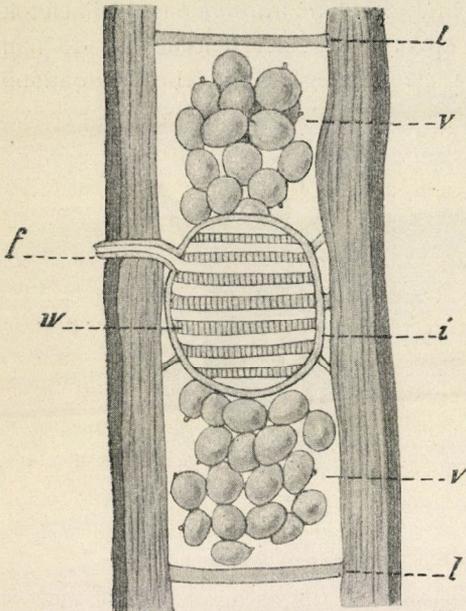
De nézzük most, mit szereztünk ezen a talán kissé hosszú, de minden-estre érdekes kiránduláson a fölvetett kérdés megítélésére? Azt hiszem, hogy sokat és fontosat. Tekintve az utolsó évek imént vázolt búvárlatait, nem lehet tagadni, hogy a gyilkos darazsaktól a mézelő méhig meg-lehetősen nagy az életmódban való bonyolultság. De másfelől azt is láttuk, hogy az *Anmophila*, a *Cerceris*, nem kevésbé az *Osmia* ösztönei már olyan bonyolultak és magasrangúak, hogy e tekintetben igazán nem

maradnak hátra a méh mögött. *A haladás tehát csak formális és nem principiális.* És így a méhek phylogenetikája meglehetősen jó bizonyíték, hogy *a lelki haladás nem követi szorosan ugyanazt az útat, mint a »szerves anyag«* fejlődése.

De ezzel már megtaláltuk a feleletet a fent fölvetett kérdésre is, hogy beleillik-e a méh intelligenciája a természet fejlődése útjába? Azt felelhetjük, hogy, mivel legalább a méh esetében, nem ismerjük még lelki világának komponenseit, e kérdést nem dönthetjük el. Legfeljebb annyit mondhatunk, hogy az eddigi tapasztalat nem nagyon biztat

igenleges feleletre. Ha szem előtt tartjuk, hogy a mézelő méh a meleg dél gyermeke és valószínűleg a nagy jégkorszak utáni vándorlásokkal \* került Európába, fel lehet tételni, hogy csak a zordabb klíma, az évszakok változása, egyszerűen a szükség kényszerítette a bonyolultabb életmódra, miből azután az következnek, hogy az ember és az állatok szellemi fejlődése is ugyanazon tényezőktől függ.

\*



24. ábra. A *Melipona* méh fészkekének vázlatos átmetszete odvas fában. *f* kivezető cső, *w* sejtek, *v* mézes sejtek, *l* agyagfal, *i* a sejtek közös fala. (Ihering nyomán.)

Több mint harmincz tudományos dolgozatot és könyvet forgattunk e fejtegetések folyamán. Egyik sem világosított fel arról, hogy milyen a test és a lélek közötti kapcsolat. De nem ad erről felvilágosítást a természetbúvárok egy munkája sem.

Wundt megalkotta a *pszichofizikai parallelizmus elméletét*, mely azt jelenti, hogy a lelki folyamatok és az idegműködés közt nincsen okozati kapcsolat. Csak azt tudjuk, hogy anyagi hatásnak megfelel bizonyos érzés, képzet, gondolat, vagy cselekvés, de nem tudjuk bebizonyítani, hogy egyik a másik következménye. És ezért fel kellett tételoznünk, hogy a lelki folyamatok, meg a neurologiai folyamatok csak <sup>néhány</sup> korrespondálnak, párvonalosan játszódnak le, úgy működnek, mint két óramű,

\* Jégkorszak előtti időkből nem ismerünk mézelő méhet Európában.

melyet egyszerre húztak fel, mely együtt halad, minden tekintetben összejátszik, de mégis nem egy, hanem két különböző dolog.

Visszának látszik az ilyen föltevés, de be kellett érni vele, mert ez felelt meg eddigi ismereteinknek. A neurofiziológia nem más, mint ez elmélet gyakorlati alkalmazása. Ezért tagadta L o e b, B e e r, B e t h e és U e x k ü l l, hogy az agyvelő szerkezetéből meg lehessen ismerni a »lélek« existenciáját. Ezért mondja U e x k ü l l az állati lélek elméletéről írott cikkében, hogy élettani és lélektani jelenség közt nincsen okozati kapcsolat, minek következtében, élettani alapon indulva, ő lelket nem tud találni az állatokban. Ezt a pszichofizikai parallelizmus elismerésével nem is lehet, mert a fiziologus mindenütt *csak* a mechanikai reakciókat kutatja.

H a e c k e l ezért ruházta fel elméletileg az atómkokat a szellemi működés kritériumával: öntudattal,\* azt állítva, hogy az anyag elemi tulajdonságaihoz tartozik az akarat és öntudat, azaz a lélek.

F o r e l a hangyák lelki tulajdonságairól írott művében azt mondja, hogy öntudat csak az, a mit introspectió által ismerünk, lelki működés pedig az, a mi az öntudat jelenségeit okozza. A természettudomány csak a lelki működéseket tanulmányozhatja: e munkájába azonban belevonhatja az öntudatot is, mert ez lelki működéseink belső tükröképe. A kétféle álláspont mindig ugyanazon tényeket két oldalról mutatja, ezért igen tanulságosan kiegészítheti egymást. Ha föltételezzük, hogy minden pszichológiai jelenség azonos az agyvelő molekuláris folyamatával, mely egyidejűleg végbe megy, akkor a »lélek« fogalma ki van küszöbölve tudományunkból mint reálitás, akkor a lélek csak a mechanikus idegfolyamatok más alakja.

\*

Ezzel ismerjük mindazon elméletet, melyet az állati lélekről újabban felállítottak. A tudósok legnagyobb része a fiziológiai lélektan híve; tisztán csak az élettani változásokkal akar foglalkozni és nyitva hagyja a lélek kérdését. H a e c k e l és hívei tagadják a »lélek« létezését, azonban bevallják, hogy lelki tulajdonságok az anyag elemi attribútumaihoz tartoznak. F o r e l azt tartja, hogy csak anyagi folyamat van, mely bennünk »lelki« módon tükröződik.

E tarthatatlan helyzet szülte a modern természetrajzban azon anti-materialisztikus áramlatot, mely most egyre növekedő tekintélynek örvend, különösen mióta a chemofizika egyik nagymestere, W. O s t w a l d lipcsei tanár, újra fölébresztette az energetikai természetmagyarázatot.\*\*

\* Különösen kifejti ezt: Die Welträtsel. Gemeinverständliche Studien über monistische Philosophie című munkájában.

\*\* Ennek velejét foglalja össze W. O s t w a l d, Vorlesungen über Naturphilosophie. Leipzig, 1898, című munkájában.

Az energetika a világ jelenségeiben csak a fizikai energiák kölcsönhatását látja. Ostwald azon elmélete, mely a lélek jelenségeit külön »*pszichikus energiá*«-val akarja magyarázni, nem igen talált ugyan lelkes fogadtatásra, azon egyszerű okból, mert e pszichikai erő, mely nem változtatható át a többi fizikai erőkre, ellenkezik a fizika egyik sarkalatos törvényével, mely az energia megmaradásáról szól.

De, ha nem is hódította meg a tudományos világot, új nézetnek szolgált kiinduló pontjául.

A pszicho-fizikai kutatás egyik nagymestere, M. Verworn tanár, legeslegújában határozottan feloleli az energetikát a természetrajzban és hirdeti a *pszichomonizmust*,\* melynek első állítása az, hogy az egész világ jelenségei csak lelkünk működései. Ez a neurofiziológiának úgyszólván épen ellenlábas; valamint a neurofiziológia gyökeresen oldja meg a lélek problémáját azzal, hogy létezését egyszerűen mellőzi, úgy a pszichomonizmus is gyökeresen megszünteti a kétséget a »lélek« létezéséről, azzal, hogy dekrétálja: nem létezik más, csak a lélek!\*\*

E kilátással a pszichológia törekvéseibe, útunk véget ért. Az állati lélektan az utolsó tíz évben nagy kríziseken ment keresztül, de nagyot is haladt. A rovaréletből vett példáink igazolják, hogy az alsórendű állatokban is vannak lelki tünetnyek, úgy mint az emberben. De azt is láttuk, hogy e lelki tehetségek sokban nagyon is eltérnek a miénktől, úgy hogy valószínű, hogy *azon belső erő, melyben az állatokkal osztozunk, még másképen is működhetik, mint az emberi ész történetéből tudjuk.*

Ennyi a pozitív eredmény. Minden más kérdésben még mindig csak föltevésekre van utalva a tudomány.

FRANCÉ REZSÓ.

\* M. Verworn, Naturwissenschaft und Weltanschauung. 1904.

\*\* V. ö. Gorka S., Természettudomány és világnézet. Természettudományi Közlöny, 1904. decemberi füzete.

## Az elektromos sugárzásokról.

A modern fizika egyik újabban felismert és megvizsgált tüneménykörével, az elektromosságnak ritkított gázokon át végbemenő terjedésével szándékozunk foglalkozni. Ha mindazt fel akarnók kutatni, a mi e tüneményekkel karöltve jár, a fizikának majdnem minden ágával és a chemia egyes, különösen elméletileg kiváló kérdéseivel kellene foglalkoznunk és a nem szakértő olvasót, kinek a fogalmak és törvények egész tárháza nem áll rendelkezésére, oly alapossággal kellene előkészítenünk, hogy e fáradságos előkészületek mellett útközben teljesen kimerülne, és lemondana arról az élvezetről, hogy a vastag burkolaton keresztül a kérdés magváig hatoljon. Azért csupán a legfontosabb kapcsolatok tárgyalására és az egyáltalában nélkülözhetetlen előismeretek felújítására, illetőleg megszerzésére fogunk szorítkozni.

A tárgyalt tüneménycsoport magában véve eléggé gazdag és változatos. Az ide tartozó tünemények között számos olyan van, a mely a testeknek eddig megszokott viselkedésétől lényegesen eltérő magatartást tanusít; végre, ez a tüneménycsoport volt az, a mely megelőzte azokat az új és meglepő vizsgálatokat, a melyek kiválóan alkalmasak, hogy, a fizika és chemia alapvető kérdéseit a szemet kápráztató világításba helyezve, az elektromosságról és az anyag szerkezetéről alkotott, s eddig háborítatlanul uralkodó nézeteket, ha talán nem

is felforgassák, de mindenesetre komolyan megrendítsék.

Valamint a népek fejlődésében, úgy a szellemi téren is a forradalmak után az eredményben gazdag, csendes és alapos munkálkodás, a valódi haladás korszaka szokott következni. Ha pedig a forradalmak eredményeit igazságosan mérlegelni akarjuk, mindig vissza kell térnünk az előzményeikre, indító okaikra, s meg kell ismerkednünk azzal a területtel, a melyen a kitörésre szükséges erőt gyűjtötték. E nélkül fel sem ismerhetnők azokat az erjesztő csirákat, a melyek az elektromos sugárzások bámulatos tüneményei során kerültek a tudományba, s a melyek kiforrásuk után kétségtelenül tisztábbá fogják tenni azt a képet, a melyet az emberiség a természetről alkot, s a melynek segítségével a természetet megérteni törekszik.

### I.

#### Az elektromosság terjedése elektrolyteken keresztül.

Azelektromosság terjedésének három módját szokták megkülönböztetni: a fémeteken, az elektrolyteken és a gázokon keresztül történő terjedést. A terjedésnek mindhárom módja abban egyezik, hogy hőtünetmény kíséri őket, s az a tér, a melyben a terjeszkedés történik, mágneses mezővé alakul, vagyis a benne elhelyezett mágnes viselkedése számbave-

hetőleg módosul. Az elektrolites vezetést a másik kettőtől az különbözteti meg, hogy chemiai anyagok kiválásával és lerakódásával jár. Mindhárom közül eddig az elektrolites vezetés természetét ismertük leginkább; a gázakon keresztül végbemenő vezetés természetéről csak gyér adatok állanak rendelkezésünkre, a fémes vezetésről pedig majdnem épen semmiféle ismereteink nem voltak. Ennélfogva azt a kérdést, hogy a vezetés háromféle módja elvileg különbözik-e egymástól, vagy megegyezik-e, eldönteni nem lehetett.

Az a körülmény, hogy elektrolites vezetéskor chemiai lerakódások jelennek meg, melyek fémes vezetéskor nem tapasztalhatók, már Voltát a vezetők osztályozására indította, a mennyiben a fémes vezetésre alkalmas anyagokat elsőrendű vezetőknek, az elektrolites vezetésre alkalmasokat pedig másodrendű vezetőknek nevezte. Az utóbbiak az előbbiektől még abban is különböznek, hogy bennök az áram átmenetelét gátító ellenállás sokkal nagyobb. Legnagyobb az ellenállás homogén folyadékokban (víz, alkohol), csekélyebb vizes oldatokban, s aránylag legkisebb a sóoldatokban.

Az elektrolízisben használt műnyelvet Faraday állapította meg, a mennyiben a chemiailag elbomló másodrendű vezetőt *elektrolit*-nek, a belőle leváló alkotó részeket *ión*-oknak nevezte el. Az áram az elektrolitbe merülő fém-(rendszerint platina), vagy szénlemezen keresztül jut be a folyadékba, s ugyanilyen lemezen hagyja el. Azt a lemezt, mely az áramot szolgáltató készüléknek (telep, dinamogép) pozitív pólusával áll kapcsolatban, *anód*-nak, a negatív pólussal kapcsolatos másik lemezt *kathód*-nak hívjuk; az anódon az *anión*, a kathódon a *kathión* válik le.

Ha az áramot kénsavval megsavanyított vizen vezetjük keresztül, az áram

zártakor az anódon oxigén, a kathódon hidrogén válik szabaddá, s ez a leválás addig folytatódik, míg az áramkört zárva tartjuk. Általában az elektrolitekből a kathódon a fém, az anódon pedig a savmaradék válik le.

Visszatérve a vízbontás esetére, könnyen belátható, hogy a két elektródon leváló hidrogén és oxigén nem lehet egyazon molekulának alkotórésze, még akkor sem, ha az áram közvetlenül a víz molekuláit bontaná fel, a mi tudvalevőleg nem áll; mert a víz összetételének megfelelő gázmennyiségek a kénsavmolekula felbomlása következtében, mint valami másodrendű folyamat eredményei keletkeznek. Ugyanis, ha a két alkotó rész ugyanazon molekulából rakódott volna le, a hidrogénatómoknak a kathód felé, az oxigénatómoknak pedig az anód felé kellett volna elmozdulniok, a mi, tekintettel a folyadékra keresztül végbemenő mozgás nagy akadályaira, épséggel lehetetlen.

Ennélfogva az elektrolízis folyamatának már legelső magyarázata is, melyet 1808-ban Grotthuss adott, abból a feltevésből indult ki, hogy az elektrolitén áthaladó áram a molekulákat irányítván, molekulasorokat idéz elő, a mennyiben minden molekula kathiónja a kathód felé, aniónja pedig az anód felé fordul. Az áram hatására a kathód felületén a vele érintkező molekulák kathiónjai a molekuláktól elszakítatnak és felszabadulnak; tehát a kathóddal érintkező folyadék réteg molekulái disszociálódnak. A molekularétegben felszabaduló aniónok a következő réteg molekuláit disszociálják, a mennyiben kathiónjaikat elszakítják, s velők asszociálódnak. Így halad ez a folyamat a kathódtól az anód felé és hasonlóképen onnét vissza, s ezért nevezték el a folyamatot az *iónok vándorlásának*.

Faraday felfogása szerint az ionok teherhajtó módjára az elektromos töltések

szállítói, a mennyiben minden fémrészcseke bizonyos meghatározott pozitív töltést szállít a kathódra és viszont minden anión bizonyos meghatározott negatív töltést halmoz fel az anódon. Ennélfogva megkülönböztethetünk elektropozitív és elektronegatív ionokat. Ugyancsak Faraday 1833-ban felállította az elektrolyzisz két törvényét, melyek szerint

1. az elektrolitból kiválasztott bomlástermék tömege arányos az áram intenzitásával és

2. ugyanazon áram különböző elektroliteken haladván keresztül, az elektrodokon egyértékű (aequivalens) tömegeket választ le belőlök.

Ez utóbbi törvény értelmében az ionok aequivalens tömegei a pólusok közt egyenlő elektromos töltéseket szállítanak.

A tüneménynek nem ez az egyedül lehetséges magyarázata; mert, ha például rézszulfát ( $\text{CuSO}_4$ ) felbontásáról volna szó, akkor 3 eshetőség lehetséges, a szerint, a mint 1. csupán a rézion vándorol, az  $\text{SO}_4$  ion helyben marad; 2. csupán az  $\text{SO}_4$  ion vándorol, a rézion helyben marad és végül 3. mindkét ion vándorol. De Hittorf 1853-ban igen szellemes és döntő bizonyítékú kísérleteivel kimutatta, hogy a 3-ik eshetőség következik be, tehát az elektrolitben mindkét ion vándorol, még pedig egymással szemben. Kísérleteiből még az ionok vándorlásának sebességére is lehetett következtetni, még pedig az eredmények különösen az egyértékű ionok esetében voltak megbízhatók. E szerint a leggyorsabban haladó H atomok sebessége  $0.003498 \frac{\text{cm}}{\text{sec}}$ , ami annyit jelent, hogy a H ion 286 sec (= 4 min. 46 sec.) alatt tesz meg az elektrolitben 1 cm-nyi utat. Ebből az adatból is következtethetünk azokra a roppant mozgásbeli akadályokra, melyek az ionok vándorlásai ellen hatnak.

A Grotthuss féle elméletnek azon-

ban egy lényeges gyöngéje van, a melyre 1857-ben Clausius hívta fel a figyelmet. Ugyanis, ha az oldatban úszkáló molekulát az elektromindító erőnek fel kell bontania, ez a széthasadás csakis akkor kezdődhetné meg, ha az elektromindító erő bizonyos minimális értéknél nagyobb, s így, ha a rendelkezésre álló áram gyöngé feszültségű, nem is tudna az elektrolitben áthatolni. Ez azonban a tapasztalati tényekkel ellenkezik, mert az áram hatékonyságára vonatkozólag ilyen alsó határ nem volt megállapítható. Ebből következtette Clausius, hogy az oldatban lebegő molekulákat nem az áram elektromindító ereje disszociálja, hanem egy részök az oldatban már disszociálódott állapotban van jelen, s kész, az első impulzust követve, a pólusok felé útnak indulni. Az egész folyamatról a következő képet alkothatjuk: az oldatban a molekulák heves mozgásban vannak, minek következtében a tekintetbe vett molekula kathionja, a közelében levő molekula anionjára olyan vonzást fejthet ki, hogy mindkét molekula disszociálódik, s az egymás közelébe kerülő ionok asszociálódnak. Ha az oldaton nem megy áram keresztül, a disszociálódás száma bizonyos időközben egyensúlyozza az asszociálódását. Az áram hatása tehát nem a disszociálásban mutatkozik, hanem csupán a molekulák irányítására szorítkozik, s ez az irányítás a disszociálódást növeli, mert beálltát megkönnyíti.

Hittorf és Kohlrausch vizsgálatainak eredményei a Clausius-féle kinetikus felfogás megjavítását tették szükségessé, különösen azért, hogy az elektrolit vezetőképességének az oldat töménységével való kapcsolata megmagyarázható legyen. Ezért Arrhenius 1887-ben azt a föltevést használja, hogy a molekulák egy része már a tömény oldatban is szabad ionokra disszociálódott

állapotban van jelen, s a szabad ionokra disszociálódó molekulák hányadrésze annál nagyobb, minél hígabb az oldat, s így igen híg oldatokban már csak szabad ionok találhatók. Ezek a szabad ionok közvetítik az elektromosságnak az elektrolíten való átmenetelét, mert elektromos töltéseik vannak, s ezeket az elektródokon lerakják. A két felfogás közt az a lényeges különbség, hogy C l a u s i u s szerint még a leghígabb oldatokban is minden disszociáció kíséretében aszszociáció jelenkezik, A r r h e n i u s szerint pedig ilyen esetekben kizárólag csak disszociáció lehetséges.

Bár ez a felfogás a chemia eddigi gondolkodásmódjával erős ellentétben állott, a merész hipotézis termékenysége minden téren mutatkozó rideg visszautasítását lehetetlenné tette.

F a r a d a y 2-ik elektrolízisbeli törvénye módot nyujt annak az elektromos tömegnek megállapítására, mely egy tetszőszerinti elektrolitból 1 gm aequivalensnyi tömeget kiválasztani képes. Tudvalevőleg az elektromos töltés elektrosztatikai egysége az az elektromos tömeg, mely a vele egyenlő és tőle egy cm-nyi távolságban elhelyezett elektromos töltésre az erőegységnyi (1 dyn) hatást fejti ki. A gyakorlati egység, a *coulomb*, ennek a  $3 \cdot 10^9$ -szerese. Az áramerősség egysége pedig az *ampère*, vagyis annak az áramnak az erőssége, a mely áram a vezeték minden keresztmetszetén át mp-enként 1 coulombnyi elektromos tömeget mozgat. K o h l r a u s c h mérései szerint az egy ampère-nyi erősségű áram az ezüstnitrátoldatból mp-enként 0.001181 g ezüstöt választ le. Ha az ezüst atómsúlyát 107.938-nak vesszük, az ezüstnitrát gramm-aequivalensének felbontására  $\frac{107.938}{0.001181} = 96540$ , vagy kerek számban 100 000 coulombnyi elektromos tömeg kell. E szerint azon idő alatt, míg az áram egy tet-

szésszerinti elektrolitból 1 gramm-aequivalensnyi tömeget felbont, az áramvezeték minden keresztmetszetén 96540, kerek számban 100 000 coulombnyi elektromos töltés halad keresztül.

Ennek az adatnak alapján S t o n e y és B u d d e 1885-ben, R i c h a r z pedig 1894-ben meghatározta a hidrogénion elektromos töltésének nagyságát. Ugyanis ha  $v$  azon hidrogénionok normális térfogata, melyeket az egységnyi elektromos tömeg a kathódon leválaszt és ha  $n$  a térfogategységnyi és normális állapotú hidrogén molekuláinak száma, akkor e töltés egyenlő a  $v n$  szorzat reciprok értékével. Minthogy  $v$  az elektrolízis útján ismeretes,  $n$ -et pedig a gázok kinetikai elmélete szolgáltatja, tehát a hidrogénion töltése ki volt számítható és  $3 \cdot 2 \cdot 10^{-10}$  nek találtatott. Ezt a töltést *elemi quantum*nak fogjuk hívni.

## II.

### Az elektromosság terjedése gázakon keresztül.

Az elektromos disszociáció elmélete az elektrolízis tünetényeit egyszerűen és kielégítőleg magyarázza meg, de több kérdésre nem tud feleletet adni. Ezek a kérdések a következők: honnét szerzik az ionok elektromos töltésüket, ha az elektrolitban disszociáció megy végbe? Miért kap a fémátom pozitív töltést, a savmaradék pedig negatív töltést, s miért nem áll a dolog fordítva? Mi módon vesztek el az ionok töltéseiket a közben, a mikor az elektródokon leválnak?

Mindezekre a kérdésekre azok a vizsgálatok adták meg a feleletet, a melyeket az utolsó évtizedekben az elektromosságna a gázakon keresztül végbemenő kísülését illetőleg végeztek, s a melyekre F a r a d a y, a mult századnak legnagyobb kutatója, »*Experimental Researches*«-einek 13. sorozatában a következő szavakkal hívta fel a tudományos világ figyelmét: »Azok az eredmények, melyek a

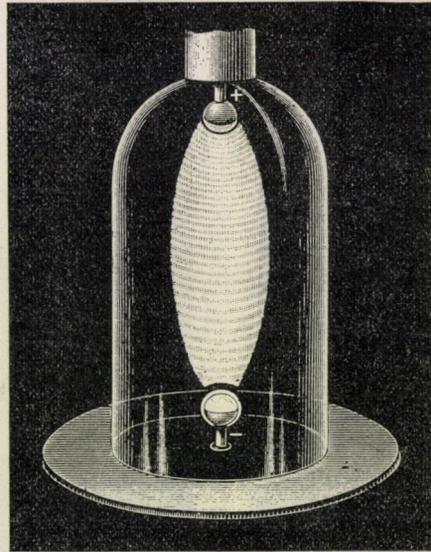
pozitív és negatív kísérletek eltérő viselkedésére vonatkoznak, az elektromosság elméletére sokkal nagyobb hatással lesznek, mint jelenleg feltételezhetjük.« Az alább következő fejtegetésekben beszámolunk arról, hogy mi módon igazolták a legutóbbi években végzett, s még most is folyamatban lévő vizsgálatok Faraday a y jóvendölését.

A ritkított levegőjű téren keresztül történő kísérlet legrégibb kísérlete az, melyet az úgynevezett *elektromos tojás* kísérletének szoktak nevezni. Higanyos légszivattyú tányérjának közepébe fémgömböt illesztünk, mely az influenciás elektromos gép egyik pólusával, vagy a Ruhmkorff-féle inductórium indukált tekercsének egyik sarkával áll összeköttetésben. A tányért hengeres üveggaranggal borítjuk be, melynek tetején légmentesen egy másik fémgömb van átdugva. Ezt a fémgömböt a kísérleteket létesítő szerkezetnek másik pólusával köttjük össze.

Mérsékelt ritkításkor a két gömböt néhány lilaszínű hosszmenti sáv köti össze, melyek az egymást követő sok kísérlestdől származnak, s a melyeknek képei a retinán megmaradván, a szubjektív utóhatás következtében összeolvadnak. Ha a ritkítást fokozzuk, a sávok is kiszélesednek és elmosódnak, az üvegborító, csakhamar megtelik egyenletes csillámlással, végre, a mikor a benne uralkodó nyomás a 2 mm-es higanyoszlopénál kisebb, a tünemény az 1. ábrán látható képet tárja elénk. A negatív elektródot lilaszínű fénycső veszi körül, a pozitívról pedig a rétegzett fénynek vörösszínű kévéje indul ki. A kétféle fényt sötét köz választja el, a mely a ritkítás fokozódása közben szélesbedik. Ugyanekkor a kathódfény mindjobban kiterjed, az anódfény pedig mintegy visszahúzódik. Mennél csekélyebb az üvegborítóban a nyomás, annál vastagabbá válik a kathódot beborító

fényhártyácska, s 1 mm-es nyomáson a kékes színű kathódfény már több dm-nyi hosszúságú csövet is betölthet.

Ha tökéletes légszivattyúval nem rendelkezünk, Gassiot módjára\* különféle ritkítású üvegcsőveket használhatunk, melyekre elektródot két helyen aluminiumréteggel bevont platinadrót van beforrasztva, a melyeket először Geissler, a híres bonni üvegfüvő készített, s a melyeket róla Geissler-féle csöveknek neveznek. Az ilyen csövek (2.



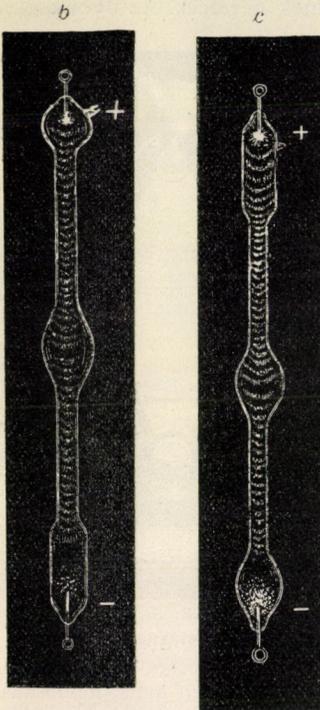
1. ábra. Elektromos tojás.

ábra) természetesen nem módosíthatók, hanem állandó ritkításúak; arra is alkalmasak, hogy a kísérleteket különböző gázokban tanulmányozhassuk.

Ha a kísérletekre az inductóriumnak, vagy az influenciás gépnek áramát használjuk, a csövön keresztül menő kísérletek tölcérszerűek, a mit a réteges anódfényen szabad szemmel is, de különösen akkor észlelhetünk, mikor a tüneményt gyorsan forgó tükör segítségével szemléljük.

\* Athenaeum, 1857, 1177. lap.

Warren de la Rue és Müller Hugó\* valamint később Hittorf\*\* azt állapították meg, hogy a csövön egy elegendően magas feszültségű áram is halad át, s míg az első kettő ez esetben is lökésszerű kiegyenlítődésre gondolt, addig az utóbbi kimutatta, hogy a csőbe zárt gáz vezetővé válván, most a kiegyenlítődés akként megy végbe, mint fémcső, vagy elektrolitcső vezetése esetében.



2. ábra. Geissler-csövek.

Hittorf a csövet oly telep áramkörébe kapcsolta, mely 1600 chrómsavas elemből állott; hogy a külső ellenállást szabályozhassa, a cső elé eltolható kadmium-elektrodokkal ellátott másik csövet kapcsolt, mely amylalkoholban oldott jó-

\* Philosophical Transactions for the year 1878 and 1880. CLXIX. és CLXXI. k.

\*\* Wiedemann Annal. VII., VIII., XX., XXI. k.

káliumot tartalmazott. A Geissler-cső elektródjai igen nagy kapacitású kondenzátor két fegyverzetéhez voltak kapcsolva. Míg a külső ellenállás tetemes volt, a csövön keresztül menő kisülések lökésszerűek voltak, hallani lehetett a kondenzátor kisüléseinek zaját; mikor azonban a külső ellenállás fokozatosan kisebbedett, a kisülések mindinkább gyakoribbakká váltak, s igen kicsiny külső ellenállás esetében a kondenzátor elnémult, az elektromosságnak a csövön való keresztülmenele folytonossá vált, s előállott az a kétféle fény, a melyről fentebb szóltunk.

Hittorf e felfogását más kísérleti tényekkel, különösen a cső mentén végzett, s a feszültség esésére vonatkozó mérésekkel törekedett támogatni. Méréseinek eredményeit Hertz is igazolta, de ahhoz a felfogáshoz, hogy az elektromosság a cső egész belső keresztmetszetén keresztül áramlik, ép úgy, mint valamely fémvezetőben, nem csatlakozott. Szerinte a gázban az elektródok között, ha az áramfeszültség kellő magasságra emelkedik, áramfonalak keletkeznek, melyek mentén az elektromosság az egyik elektródról eljuthat a másikra; azt a körülményt, hogy az áramerősség növekedtével az elektródok közötti feszültség (potenciálkülönbség) csak gyengén és nem a feszültséggel arányosan növekszik, azzal magyarázza meg, hogy az utóbbi esetben az áramfonalak száma növekszik, s így az áramerősség is emelkedik, a nélkül, hogy a potenciálkülönbség megváltoznék.

### III.

#### A kathódfény.

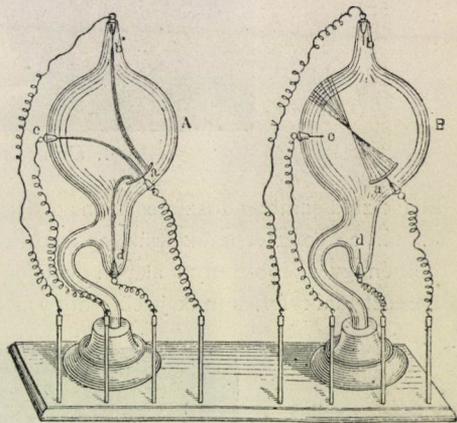
Eddig a csőben a nyomás még nagyobb volt az 1 mm-es higanyoszlop nyomásánál, s azt vettük észre, hogy az anódfény mindinkább visszavonul, a kathódfény terjedelme pedig megfelelőleg növekszik. A ritkítást tovább fokozván, az anódfény

erőssége is mindinkább gyengül, s a pozitív elektródnak alkalmas elhelyezésekor már csak a kathódfény kerül az észlelő szemei elé. Most a katódot vékony, sötét réteg veszi körül, s a csövet alig látható, halovány kékes sugarak töltik be, melyek a katódfelületről merőlegesen indulnak, a cső kanyarodásait nem követik, hanem az útjukba kerülő üvegfalon végződnek. A katódfény hatása következtében a thüringiai üveg zöldes fényben foszforeszkál. Még tovább fokozódó ritkításra a foszforeszkálás erősödik, a csövet betöltő halovány fény intenzitása csökken, s végül majdnem teljesen elenyésszik, a mi a foszforeszkáló fény tanulmányozása tekintetéből igen kívánatos. Hogy a gyengébb ritkítású csövekben a katódfény mindig az anód felé tart, ellenben erős ritkítású csövekben útja az anód elhelyezésétől független, e jelenséget a 3. ábra tünteti fel. Az ábrán két, alakra nézve teljesen egyenlő anódcső látható; a baloldali (A) Geissler-féle cső, a jobboldali (B) az úgynevezett Crookes-féle cső.

Plücker volt az első, a ki 1859-ben a cső üvegfalának zöldes foszforeszkálását leirta; a megelőzőleg leirt kísérlethez hasonló módon Hittorf mutatta ki, hogy a katódfény útjára nézve az anód elhelyezése hatással nincsen.\* A 3. ábrán feltüntetett eszköz egyúttal a katódfény terjedésére is érdekes felvilágosítást ad, a mennyiben vájt fémtükröt használván katódul, a róla kiinduló sugarak a gömbközpontjában találkoznak. Goldstein 1876-ban kimutatta, hogy korongalaku katód a csőben eléje helyezett tárgyaknak jól határolt árnyékait adja a szemköztes üvegfalon, még az esetben is, ha az akadályozó tárgy igen kicsiny és közel áll a katódhoz. E kísérletek alap-

\* Poggendorf Annalen. CXXXVI. k. 1. és 197. l.

ján a dolog úgy tűnik fel, mint ha a katód világító test volna, s így a Goldstein-től első ízben használt »katódsugár« elnevezés közkeletűvé vált. Az elnevezés azonban ne vezessen tévútra senkit, mert ezek a sugarak nem azonosak a fény-sugarakkal, mit azzal az egyszerű megjegyzéssel igazolhatunk, hogy ha a katódot egy vele egyenlő nagyságú fényes korongcskával helyettesítünk, a közelébe állított kicsiny tárgy a távolabb álló falra árnyékot nem vetne. Goldstein megfigyelése tehát csupán azt bizonyítja, hogy a katódsugaraknak



3. ábra. Készülék a katódfény kimutatására.

nevezett elektromos sugárzás iránya a katód felületére merőleges.

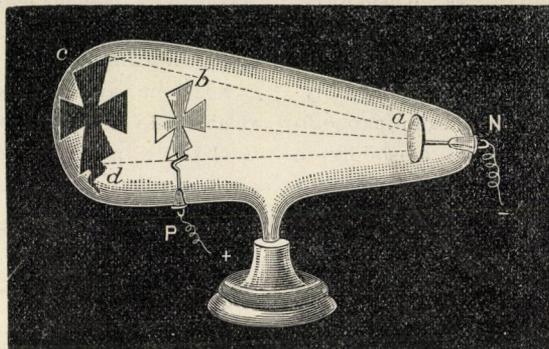
Néhány évvel később W. Crookes a tudományok iránt érdeklődő világot a katódsugarakra vonatkozó számos érdekes, s azóta közkeletűvé vált kísérlettel, illetőleg készülékkel lepte meg. Ugyancsak ő a tünemény megmagyarázására is vállalkozott, miben Maxwell és Stokes hathatós támogatására számíthatott. Elméletét a gázok kinetikai elméletével helyezte kapcsolatba, s így a legszélsőbb vákuumok és a katódsugarak birodalmának kellő közepére és oly feltevésre jutott, mely eleinte rendkívül erős támasznak volt kitéve, de utóbb, még pedig

igen erélyesen ismét előtérbe került, s kissé módosított alakban minden előforduló tüneménynek egyszerű magyarázatát adja.

Lássuk először Crookes kísérleteit.

A Goldstein-féle árnyéktünemény

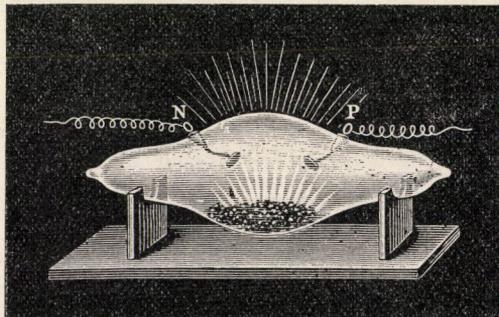
bemutatása számára a 4. ábrán feltüntetett készüléket szerkesztette. A sajátságos alakú evakuált cső tányéralakú katódjáról (*a*) induló sugárzás az anóda alkalmazott (*b*) keresztet találja útjában, s az edény falára éles árnyékát (*d*) veti. Az üvegnek az árnyékon kívül eső részei



4. ábra. Crookes-féle cső.

élénk zöld színben foszforeszkálnak. Ha azután a keresztet lefektetjük, az árnyék helyén gyengébb fényű alapon világos kereszt tűnik fel, annak jeléül, hogy az

üvegnek fénygerjesztő hatása idővel meggyengül, mert az üvegnek pihent részein a foszforeszkáló hatás élénkebbnek mutatkozik.



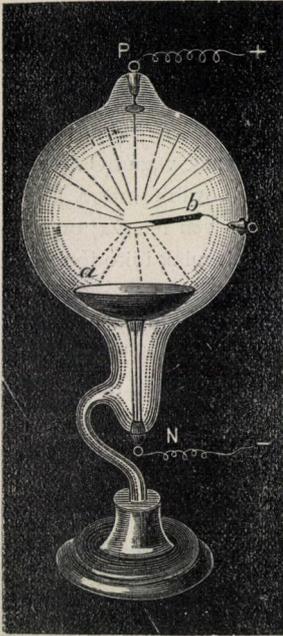
5. ábra. Foszforeszkálás a Crookes-féle csőben.

A különben is foszforeszkáló anyagok sokkal élénkebb fényben tündökölnének, ha foszforeszkálásukat az evakuált csőben jelenkező kathódsugarak gerjesztik. Ennek bemutatására szolgál az 5. ábrán feltüntetett készülék, melyben a calciumszulfid kékes fényt áraszt, az égett korál zöldet, vagy hússzínűt, a spö-

dumen (aluminium-lithiumszilikát) arany-színű-sárgát, a rubin ragyogó vöröset, a gyémánt zöldet stb. Igen erélyes a kréta hatása, minthogy a kathódsugarak hatására az evakuált csőben élénk vörös izzásban levőnek mutatkozik, s a hatás megszűnte után is sokáig világít.

A kathódsugarak hőhatását is fejte-

nek ki, minthogy platinalemezt izzóvá tesznek és megolvasztanak. Ennek beiga-



6. ábra. A hőhatás kimutatása.

zolására való a 6. ábrán látható készülék, melyben a sugarak egy vajt alumi-

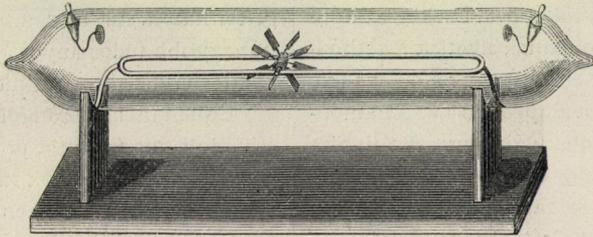
niumtükörről indulnak ki; ennek közép-pontjába van elhelyezve a platinalemez; az anód a tükörrel szemben áll.

A kathódsugarak mechanikai hatásának igazolására való a 7. ábrán feltüntetett készülék. A hosszú hengeres csőbe forrasztott üvegsínekre könnyű kis kerék van helyezve, melynek szárnyai vékony csillámlemezekből készülnek. Ezt a kereket a kathódsugarak maguk előtt hajtják a síneken ide-oda, ha az áram irányát a kellő pillanatban hirtelen megváltoztatjuk.

IV.

Crookes emisszió-elmélete.

Crookes úgy vélekedett, hogy ezek a szép kísérletek, melyeknek egynémelyike Hittorf-tól származik, úgy tekinthetők, mint bizonyítékai annak a már Faraday-tól kifejezett véleménynek, hogy az anyagnak a szilárd, folyós és légnemű halmazállapotán kívül még egy negyedik halmazállapota is van. Ennélfogva a természetvizsgálók sheffieldi gyűlésén 1874-ben tartott előadásának ezt a



7. ábra. Csillámkerék forgása Crookes-féle csőben.

szokatlan czímet adta. »A sugárzó anyagról, vagy a negyedik halmazállapotról.« Ebben a fényes előadásában többek közt így szól: »Ha a szilárd halmazállapottól a folyékony és légnemű felé haladunk, a fizikai tulajdonságok száma és sokfélesége csökken, a mennyiben minden halmazállapot azokból, melyek a megelőzővel kapcsolatosak, egynehányat elveszít,

Ha a szilárd testek folyékonyakká válnak, akkor a puhaságra és keménységre vonatkozó összes különbségek természet-szerűleg elenyésznek; kristályos és más alakzatok szétrombolódnak, átlátszatlan és színes testek gyakran átlátszókká és színtelenekké válnak, s a részecskék általános és nagy mozgékonyasága áll elő. Ha tovább haladunk a légnemű halmaz-

állapot felé, a testek jellemző tulajdonságai közül még több megsemmisül. A súlyra vonatkozó jelentékeny különbségek elenyésznek, s a színezetre vonatkozó, s eddig még megmaradó eltérések is eltűnnek. Az átlátszóság általános tulajdonsággá válik, s épen így valamennyi gáz rugalmas. A gázak csupán az anyagok egy sorát alkotják, s a keménység, sűrűség, átlátszatlanág, rugalmasság és alak összes különféleségei, melyek a szilárd és folyékony testek számát majdnem végtelenné teszik, a súlyra vonatkozó, csekély számú eltérésekre, s néhány jelentéktelen, a színezetre vonatkozó árnyalatbeli különbségre redukálódnak. «

Crookes szerint a tulajdonságoknak illetően fokozatos egyszerűsödése nem állapodik meg a gázaknál, hanem, miként a gázak kinetikai elméletére támaszkodva mondja, fokozódó ritkulás esetében a molekuláknak mindinkább nagyobb és nagyobb utakat kell megtenniök, míg egymással összeütközhetnek, s így fizikai tulajdonságaik annál inkább hátra szorulnak. A visszamaradó molekulák a kathódon negatív töltést vesznek fel, s a kathódtól ellökődnek. Ezek a kathódtól ellökődő molekulák alkotják a kathód-sugarakat. Ebben áll a Crookes-féle emisszió-elmélet alapgondolata. A kathódtól ellökődő molekulák egymásba ütközvény, előidézik a csőben megfigyelhető csillogó fényt. A kathód előtt fekvő sötét tér mértékeül szolgálhat annak a közepes útnak, melyet valamely molekula két egymásra következő összetalálkozás közt megtehet. A kathód-sugarak foszforeszkálást gerjesztő és hőhatásai is azokkal az ütközésekkel és rázkódtatásokkal magyarázhatók meg, melyek az útjukba kerülő testek felületének sűrű bombázásával karöltve járnak, valamint könnyen magyarázható a kathódra merőleges irányú és egyenes vonalú terjedés, az ennek következtében előálló árnyéktűnemény és

az erélyes mechanikai hatás. Minthogy e felfogás szerint a kathód-sugarak a negatív elektromosságnak áramát hordják magukkal, Crookes azt a tűneményt, hogy a mágnes a kathód-sugarakat útjokból eltéríti, könnyen meg tudta magyarázni.

Előadásának végén Crookes még egy lépéssel tovább megy, a mennyiben azt a kérdést veti fel, vajjon a kathódról valóban molekulák lökődnek-e el, avagy talán az anyagnak valóban oszthatatlan legkisebb részeivel, az *ős atómokkal* van-e itt dolgunk, melyekről teljes jogosultsággal föltehetjük, hogy a mindenségnek fizikai értelemben vett építőkövei. »Azt tapasztaljuk — így szól előadása folyamán, — hogy a sugárzó anyag némely tulajdonságaiban épen oly anyagi természetű, mint akár ez az asztal; ellenben más tulajdonságaiban épenséggel a sugárzó energia természetét ölti magára. Valóban elértünk arra a határterületre, a melyen anyag és erő egymásba átmenni látszik, s ez az ismeretesnek és ismeretlennek határán álló azon árnyékvilág, mely reám mindenkor különös ingerrel hatott. Azt hiszem, hogy a jövőnek legnagyobb tudományos problémáit ezen a határterületen fogják megfejteni. «

Ebben a nagy angol tudós nem is csalódott, mert azok a problémák, a melyekkel a mai fizikusok kiváló hajlandósággal foglalkoznak, épen erről a határterületről valók, s ha a jelek nem csalnak, arra vannak hivatva, hogy a természetéről alkotott eddigi felfogásunkat gyökeresen átalakítsák.

## V.

### A Crookes elméletével ellentétes álláspontok.

Jóllehet Crookes alapgondolata, hogy a közönségesen előforduló körülmények közt levő légnemű halmazállapottól azt, a mely között a gázak nagy

ritkítás közben vannak, a mikor rajtok keresetül elektromos természetű kisülés megy végbe, szoroson meg kellene különböztetni, s egy új, negyedik halmazállapotnak tekinteni, semmi természetellességet nem tartalmaz: eleinte abban az alakjában, a melyben föntebb ismertettük, oly előkelő tudósok részéről, mint a milyenek Hittorf, Hertz, Wiedemann és Lenard, határozott ellenzésre talált.

Abból a körülményből, hogy a kathódsugarak az anód elhelyezésétől függetlenül a kathódra merőleges irányt követik, azt következtették, hogy ezek az elektromos eredetű sugarak semmi esetre sem adják meg az elektromosság útját, nekik az elektromos áramhoz semmi közük sincsen. E tekintetben Hertz-nek egy kísérletére hivatkoztak. \* A ritkított gázakon áthaladó áram épen úgy viselkedik, mint a fémcs vezetéken áthaladó áram, tehát a mágnes ezt az áramot is Ampère szabályának megfelelőleg téríti el, valamint ez az áram is kitéríti irányából a mágnesűt. Bár a mágnes a kathódsugarakat kitéríti irányukból, viszont, a kathódsugaraknak a mágnesre nincsen hatásuk. Ennek kimutatása céljából Hertz 300 mm hosszú, 28 mm széles csövet használt, melyben a cső egész keresztmetszetét betöltő sárgarézkorong volt a kathód. A közepén átfúrt kathód nyílásán át hőmérőcsövet dugott, melyben az áramot bevezető drót volt. A drótnak csak kicsiny vége állt ki a kathód nyílásán túl a légtérbe, s anódként működött. Az áramot vezető drótok egymásra voltak csavarva, tehát elektromágneses hatásaikban egymást ellensúlyozták. Ilyen berendezéssel az áram az anódtól rögtönt átment a kathódra, s a belépő árammal párvonalosan folyt vissza az 1000 akkumulátorból álló telephez. E

\* Wiedemann Annalen. XIX. k. 798. 1.

szerint tehát az áramnak a cső közelébe helyezett mágnesűre nem lehetett hatása. Minthogy a mágnesűt a csövet egészen betöltő kathódsugarak sem térítették ki, ennél fogva világos, hogy a kathódsugaraknak a mágnesűre hatásuk nincsen. Ha azonban az anódot a cső ellenkező végén helyezük el, a cső közelébe helyezett mágnesű kitér irányából Ampère szabálya szerint.

Ezen és egy másik kísérlet alapján, hogy az áramfonalak iránya nem esik egybe a kathódsugarak irányával, Hertz azt a nézetét fejezte ki, hogy a kathódsugár az elektromos kisülés kíséretében jelentkező tűnemény, benne elektromosság nem áramlik, s így a kathódsugarak pusztán az éterben végbemenő s a fénytűneményekhez hasonló tűneménynek tekintendők.

Igy alakult ki az *éterelmélet*. Abból a tapasztalati tényből, hogy a kathódsugarak akadálytalanul áthaladnak az anódfényen, Wiedemann szerint következik, hogy a kathódsugarak igen rövid rezgésidőjű haránt éterhullámok, épen úgy, mint a fény. A foszforeszkálás és a hőhatások ezen az alapon könnyen megmagyarázhatók; de a mágneses hatások már azt a segédhipotézist követelik meg, hogy a mágnesség az étert olyként módosítja, a mint a kathódsugarak meggömböcsülésének megfelel. Különben a fénytűnemények körében is van a mágnességnek hasonló hatása, mely a fény rezgési irányának elforgatásában nyilvánul.

Jaumann szerint a kathódsugarak hosszrezgésű éterhullámok, minek lehetőségét Helmholtz is elismerte, azonban a föltevés elméleti eredményei alapján Poincaré heves támadást intézett e nézet ellen.

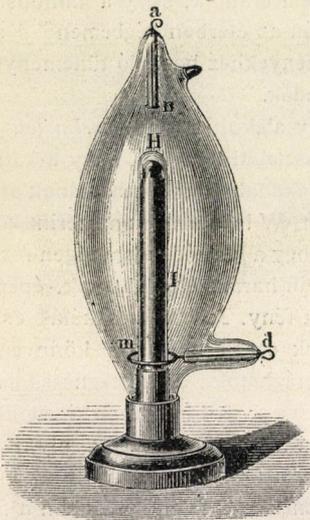
Hittorf a tűneménynek elektrolytes *elméletét* állította fel. Szerinte az elektromindító erő a gáz molekuláit polározza, s ha az áram feszültsége elérte azt

a határt, a melyen az áram a ritkított levegőjű csövön keresztül mehet, akkor a gáz vezetővé válik, s a gázmolekulák ugyanoly módon szállítják az elektromosságot, mint a fémek vezeték, vagy az elektricitás molekulái. *Wiedemann* annak a lehetőségét, hogy a gáz vezetővé válhatik, tagadta; de későbbi döntő kísérletek, melyekről még utóbb megemlékezünk, a kérdést teljesen és *Hittorf* nézetének javára tisztázták.

## VI.

## A mágnes hatása a kathódsugarakra.

Mielőtt elméleti fejtegetéseinkben tovább haladnánk, eddigi tárgyalásunknak



8. ábra. *De la Rive* készüléke.

egyik hiányát kell pótolnunk, tudniillik szólnunk kell a mágneses hatásokról.

Hogy a mágnes a *Volta*-féle ívet oly módon téríti ki irányából, mintha ez az ív mozgékony áramvezeték volna, azt már maga *Davy* is megfigyelte.\* A hatás kényelmes tanulmányozására a legalkalmasabb készüléket *de la Rive* állította

\* *Philosophical Transactions of L. R. S.* for 1821. II. r.

össze.\* Ezt tünteti fel a 8. ábra. Egy tojásdad üvegedény fenekébe vastagfalú, felül zárt üvegcsövet (*H*) forrasztott be; ebbe lágymagot tolhatott, mely elektromágnes segítségével erősen mágnesesíthető, s az áram megfordításakor polaritását felcseréli. Az edény tetején a drótalakú *n* elektróddal, alján pedig az üvegcsövet körülvevő gyűrűalakú *m* elektróddal van felszerelve. Kisebb fokú ritkításkor a két elektród közt vöröses színű fénykéve állítható elő. Ha az elektromágneset gerjesztjük, a lágymag északi pólust kap, s a felülről leszálló indukziós kisülések balról jobbra forognak a mágnes körül. A forgás iránya ellenkezővé válik, ha a lágymag déli pólust kap, vagy ha az indukziós kisülés irányát ellenkezővé változtatjuk.

A *Geissler*-féle csőnek mágneses viselkedését először *Plücker* tanulmányozta.\*\* Ha hosszú csövet (9. ábra) az elektromágnes pólusaira fektetünk, a rétegződő anódfény kétszeresen görbült fonallá sűrűsödik, melynek eltérítése az *Ampère*-féle szabálynak megfelelő.

Ha a csövet egy inductórium másodrendű tekercsének áramkörébe kapcsoljuk, s ugyanabba leydeni palaczkot is csatolunk (10. ábra), a leydeni palaczkot töltő és kisütő áramok gyors váltakozásban haladván át a csövön, mindkét elektródján a negatív kisülésnek megfelelő csillag, közöttük pedig az ide-oda görbülő réteges anódfény mutatkozik.

Helyezzük ezt a csövet egy elektromágnes pólusaira (11. ábra): két fémszalag keletkezik, a melyeken ellenkező irányú eltérítést látunk.

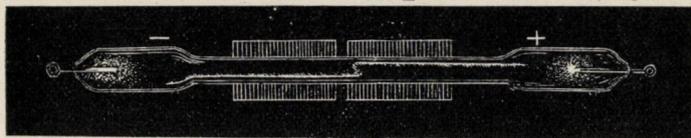
A mágnesnek a kathódsugarakra való eltérítő hatása ugyancsak *Ampère* szabálya szerint megy végbe, de e mellett a

\* *Compt. Rendus LXVI.* k. 674. I. LXXIV. k. 1114 l.

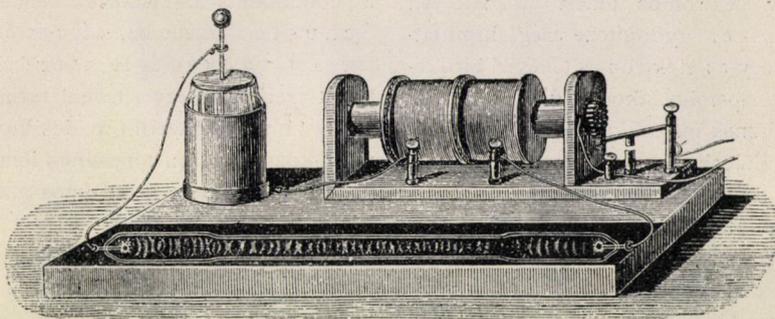
\*\* *Poggendorf Ann.* CIII.—CVII. és CXIII. k.

sugaraknak a katódon fekvő kiinduló pontjuk változatlan marad, s csupán a sugár egyenes vonalú útja görbül el; ennek megfelelőleg az üveg falán jelenkező foszforeszkáló folt helyzete is megváltozik (12. ábra).

D. É.

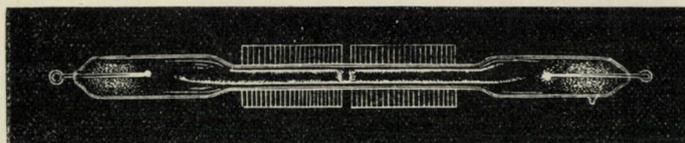


9. ábra. A Geissler-féle cső mágneses viselkedése.

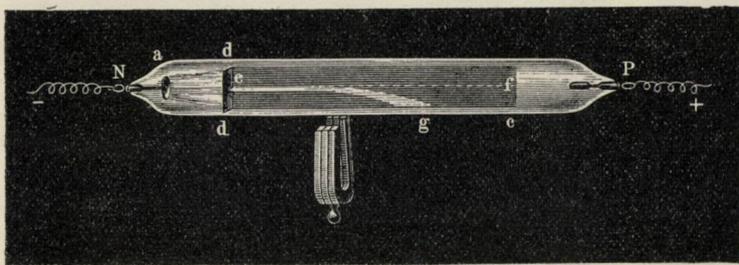


10. ábra. A Geissler-féle cső az induktórium másodrendű tekercsébe kapcsolva.

D. É.



11. ábra. A Geissler-féle cső az elektromágnes pólusaira helyezve.



12. ábra. A Geissler-féle cső mágneses viselkedése.

VII.

A Schuster-féle elmélet.

Visszatérvén a Crookes-féle elmélet viszontagságos sorsának előadásához,

fel kell említenünk, hogy a mechanikai hatást mutató, s elektródokkal alkalmas módon fölszerelt, radiométerrel is bemutatható meggyőző kísérletét Hittorf teljesen halomra döntötte, minthogy ki-

mutatta, hogy a radió méter kerekének forgását a fölmelegedő üvegfal hőkisugárzása okozza. Ugyanis, ha a kerek addig, míg az edényen keresztül elektromos sugárzás halad, fogva tartjuk, s csak a sugárzás megszűntével eresztjük szabadon, minden elektromos sugárzás nélkül is vígan indul forgásnak.

Azt a szintén döntő fontosságú föltevést, hogy a gázmolekulák a kathódon negatív elektromos töltést vesznek fel, Schuster gyöngítette meg, kimutatóván, hogy az elektromos töltéssel bíró folyadék elpárolgásakor a gőz molekulái nem visznek magukkal elektromos töltéseket. Különben, ha a gázmolekulák elektromos töltéseket tudnának felvenni, a gáz környezetében semmiféle vezető sem őrizhetné meg töltését, a mi pedig a tapasztalattal ellenkezik.

Crookes felfogásával ellentétben sokan azt hangoztatták, hogy a foszforeszkálást, a hő- és mechanikai hatást azok az anyagi részecskék okozzák, melyeket az áram a kathódról leszakít, s a kathóddal szemköztes üvegfalon lerak. Valóban a cső falai idővel tükröző platina-, arany-, vagy ezüstréteggel vonódnak be, ha a kathód ezekből a fémekből állott, s még az aluminium is, bár a tovavitelnek észrevehető jeleit nem árulja el, felületén a hosszabb használat után szintén érdekessé válik.

Igy tehát Crookes-t az ő szép elméletével lépésről lépésre visszaverték, s az éterelmélet diadalról diadalra haladt előre. Annyi mindenestre bizonyult, hogy Crookes elmélete eredeti alakjában tarthatatlan.

Épen ebben az időben történt, hogy a fizikai chemiát Arrhenius, van t'Hoff, Ostwald és Nernst vizsgálatai váratlanul rendkívüli módon kifejlesztették. Különösen Arrheniusnak *disszociáció-elmélete* volt az, mely egymástól látszólag messze fekvő tények

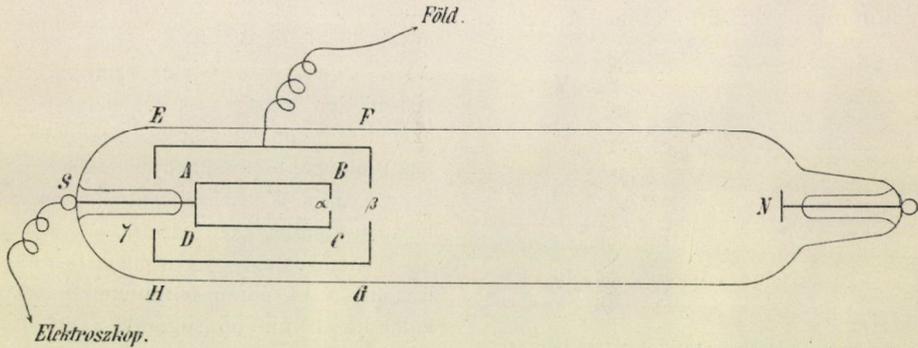
közt meglepő kapcsolatot derített ki. Ha annak idején Hittorf tisztában is volt azzal, hogy az elektromos kisülés folyamata olyan, mint a milyent az elektrolízisben találunk, de nem tudta eldönteni, hogy az elektromosság hordozója az éter-e, vagy az anyag molekulái? Most az *ión* fogalma állott rendelkezésére, s közelfekvő volt az a gondolat, hogy az *ión* az elektromosságnak hordozója. Ezt a gondolatot a kisülések elméletébe Schuster vezette be, s így az ő elmélete a Crookes és Hittorf elméletének szerencsés egyesítéséül tekinthető.

Schuster szerint rendes körülmények közt a gázban nincsenek *iónok*, de ha a molekulák az elektromos mezőben bármely erőhatásra disszociálódnak, a gázban elektromos töltésű atomok, vagyis *iónok* jelenkeznek (*iónizáció*), s a gáz vezetővé válik.

Tekintsünk már most egy csövet, melyben a légritkítást még nem kezdtük meg. Ha az elektródok közt a feszültséget (potenciálkülönbséget) fokozatosan növeljük, végre szikra fog közöttük átütni. Ez a szikra oly módon keletkezik, hogy az elektromos erők az elektródok közt a molekulákat széthasítják, a pozitív *iónok* a kathód felé, a negatívok pedig az anód felé vándorolnak. Ha a ritkítás következtében a kisülés folytonossá válik, a kathódon a molekulák disszociálódása szintén állandóvá válik; az anódon ez nem történik meg, mert a pozitív *iónok* a kathód körül polározó réteget alkotnak, azt a sötét réteget, melyről tudjuk, hogy vastagsága a ritkulás fokozódásával egyidejűleg növekszik. A negatív *iónok* nagy sietséggel lökődnek el a kathódról, s a kathódot körülvevő sötét réteget minden nagyobb energiavesztés nélkül hagyják el. Ebben a rétegben energiavesztés csakis ütközés következtében állhat elő. Ha az ütközések száma fokozódik, a kinetikal energiának egy bizonyos része su-

gázó energiává alakul át, s a towarepülő ionok ily módon idézik elő a csövet betöltő fényt. A katódon jelenkező csillagot a pozitív ionok idézik elő, a melyeknek sebessége a katódhoz való közeledés mértéke szerint fokozódik. A sötét rétegben, melyet némelyek *F a r a d a y*-féle rétegnek is hívnak, megy végbe a szemben találkozó ionok asszociációja (molisatió). Az anódfény rétegződését az magyarázza meg, hogy a fényminimumok rétegeiben a disszociációk száma felülmulja az asszociációk számát, a fénymaximumok rétegeiben pedig megfordítva áll a dolog.

Ez az elmélet, bár sokkal tökéletesebb, mint a megelőzőleg ismertetett elméletek bármelyike, a tünemény mechanizmusáról egyszerű és tiszta képet nyújt ugyan, de véglegesnek nem tekinthető. Ugyanis a kisülés egyatómos gázokon keresztül is végbemegy, pedig azokban a molekula egybeesik az atómmal, tehát a disszociáció, oly módon, mint a molekulánál lehetetlen. Már pedig valóban vannak egyatómos gázok, milyenek a higany, a cink és a cadmium gőze. Ha tehát *S c h u s t e r* elméletét eredeti alakjában akarjuk fentartani, akkor, miként némelyek állítják is, a disszociáció magát az



13. ábra. Perrin kísérletének berendezése.

atómot is megtámadja, vagyis ezen az úton az atómoknál kisebb részecskék keletkeznek.

Ez utóbb említett nehézségek ellenére tehát ez idő szerint az emisszióelmélet alapján állunk, s mielőtt másnemű elektromos sugárzásra áttérnénk, kötelességünk ennek az elméletnek erősségeit, különösen pedig termékenységét bemutatni.

VIII.

A katódsugarakban towarepülő részecskék töltései.

Ha a katódsugarak valóban negatív töltésű anyagi részecskékből állanak, módot kell találnunk arra, hogy töltésök

természetét kétségtelenül megállapítsuk, a töltés nagyságát pedig megmérjük. Ennek a kérdésnek megoldása 1895-ben *J. P e r r i n*-nek sikerült, minthogy a katódsugarakat elektroszkóppal összekötött *F a r a d a y*-féle csapó berendezéssel fogta el.

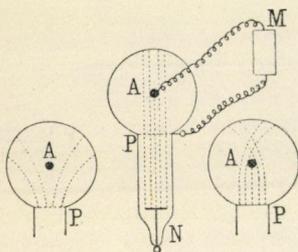
Kísérletére a 13. ábrán feltüntetett berendezést használta. A csapó berendezés az *A B C D* fémhenger, melynek az *N* katód felé kicsiny  $\alpha$  nyílása van. Ezt a hengert a csőbe forrasztott platinadrót segítségével összeköthetjük az elektroszkóppal. A csapót a nyílással ellátott nagyobb *E F G H* fémhenger veszi körül, a mely a földbe lévén levezetve, a csapót a környezet elektrosztatikai hatásai



ellen megvédi. Ez a fémhenger egyúttal anódul is szolgál, s így az anód a földbe van levezetve.

A kísérlet azt bizonyította, hogy a mint a kathódsugarak a csapó berendezésbe estek, a csapó negatív töltést kapott. Perrin az *EFGH* hengernek a kathód felé forduló lapját foszforeszkáló anyaggal kenté be, s a kathódsugarakat a  $\beta$  nyílásról egy mágnessel eltérítette. Ekkor a külső henger falán foszforeszkálás mutatkozott, a csapó berendezés pedig nem kapott semmiféle töltést.

Hogy a negatív töltés nem elektrosztatikai természetű, azt Perrin úgy bizonyította be, hogy a  $\beta$  nyílást vékony alumíniumlemezzel fődte be. A kathód-



14. ábra. Az elektrosztatikai hatás kimutatása.

sugarak ezen a lemezen áthatolnak, s a csapó berendezés, bár gyengébb mértékben, de negatív töltésűnek bizonyult.

J. J. Thomson és Lenard kísérletei a Perrin-ét annyiban egészítették ki, hogy a kathódsugarak partikuláinak negatív töltését kétségtelenné tették.

De, ha e részecskék negatív töltésűek, úgy valahol másutt a csőben vele egyértékű pozitív töltésnek is jelentkeznie kell. Ezt könnyen meg is találhatjuk, ha kathódul az *EFGH* hengert, az elektro-szkóppal összekötött anódul pedig az *N* elektródot használjuk. Ez esetben az elektro-szkóp pozitív töltést mutat, a mely épen akkora kitérés okoz, mint megelőzőleg a negatív töltés.

## IX.

### A kathódsugarak elektrosztatikai hatása.

Azt a körülményt, hogy a kathódsugarak elektrosztatikai hatását sokáig nem tudták kimutatni, döntőnek használták fel a Crookes-féle elmélet ellen. Goldstein 1876-ban ugyan észrevette, hogy a kathódsugarak, ha egy második kathód mellett elhaladnak, kissé kitérnek, de ezt a tüneményt, melyet a kathódsugarak *deflexiójának* nevezett, nem tekintette elektrosztatikai hatásnak. Jaumann 1896-ban elektrosztatikai hatással a kathódsugarakat útjokból valóban kitérítette. 1897-ben J. J. Thomson, valamint később W. Kaufmann és Aschkinass az elektrosztatikai hatást minden kétségen kívül helyezte, s az emissió-elmélet alapján számításoknak is alávetette. Eredményeiket 1898-ban Lenard és Wien teljesen megtámadhatatlan kísérletekkel igazolta.

A hatást legegyszerűbben Perrin igazolta. A 14. ábrán feltüntetett cső *N* kathódjáról kiinduló sugarak a *P* fémhálón mennek keresztül. Ez a fémháló egyúttal anód is, s a földbe van levezetve. Az *A*-val jelölt pont egy a csővön átvonuló, s a rajz síkjára merőleges helyzetű drótot jelez, melynek árnyéka a cső szemköztes falán észlelhető. Az *A* drótot az *M* teleppel kötjük össze. Ily módon *P* és *A* közt tetszés szerint módosítható potenciálkülönbség keletkezik. A középső rajz azt az esetet tünteti fel, mikor az *A* drótnak nincs töltése. Ha *A*-nak negatív töltést adunk, a kathódsugarak tőle elhajlanak, ha pedig pozitív töltéssel látjuk el, feléje hajlanak.

## X.

### Repülési sebesség és töltés.

A kathódsugarak mentén keletkező töltésekre, a részecskék ütközésekor ke-

letkező hőre és a sugarak pályájának a mágneses térben előálló elgörbüléseire vonatkozó mérések eredményeit egybevetve, rendkívül fontos számbeli adatokat sikerült levezetni. Ezeket az eredményeket röviden következőképen foglalhatjuk össze :

Az ionok repülésének sebességére vonatkozólag Schuster (1890), J. J. Thomson (1897), Leonard és Kaufmann (1898) mérései azt az eredményt adták, hogy az a potenciálkülönbségtől függ és mp-enként 23000—120000 km, tehát kerek számban a fény terjedési sebességének  $\frac{1}{10}$  és  $\frac{1}{3}$  része közt van. Ez az eredmény minden esetre meglepő volt ; mert a gázok kinetikai elmélete szerint rendes körülmények közt a molekulák közepes sebessége legföljebb 2 km.

Ugyanezen mérések szerint az ionok töltése grammonként nem úgy, mint a hidrogénnél, az elektrosztatikai egységnek 10000-szerese, hanem 200 milliószoros.

Az eredmények megbízhatósága mellett több körülmény szól ; első sorban az, hogy a mágneses hatásokra alapított mérések ugyanakkora eredményre vezettek, mint az elektrosztatikai hatásokra alapított mérések ; továbbá az, hogy Wichert E., göttingai tanárnak a sebesség közvetlen mérésére vonatkozó kísérletei az előbbi két hatástól függetlenül szintén ugyanakkora eredményeket szolgáltatottak. Az is bebizonyult, hogy ezekre az eredményekre nézve közönyös, milyen gáznak nyomai töltik be a kisülési csövet, valamint az is, hogy milyen fémeket használunk kathódul.

Azok, akik a kathód-sugarakban az atómoknál kisebb részecskéket látnak, ezekre az eredményekre támaszkodva, a következőképen okoskodnak. A kathód-sugarak mentén mozgó anyagi részecskék nem lehetnek közönséges gáz- vagy fém-

atómok, mert sebességek sokkalta nagyobb, mint a molekulák rendes röpdülés-sebessége, töltésük pedig ugyancsak sokkalta nagyobb annál a töltésnél, melyet az ionok az elektrolitén keresztül szállítanak. Azt a körülményt, hogy a kathód-sugarak részecskéire nézve a töltésnek a tömeghez való aránya 2000-szerre akkora, mint a mekkora az arány az elektrolízissel leválasztott hidrogén-ionokban, vagy a partikulák kicsiny tömegének, vagy töltésük nagyságának, vagy pedig mindkettőnek tulajdoníthatni. Ezt a kérdést csak akkor lehet eldöntöttnek tekinteni, ha nem úgy, mint a fentebb említett mérésekben, a partikula töltésének a tömeghez való  $\frac{e}{m}$ -arányát, hanem az ezen arányban előforduló két mennyiségnek abszolút értékeit lehetne kísérletileg megállapítani.

## XI.

### J. J. Thomson kísérlete.

A kérdésre J. J. Thomson adta meg a feleletet. Ugyanis C. T. R. Wilson úgy tapasztalta, hogy a vízgőzzel gyengén túltelített légkörben nemcsak a porszemek jelenléte, hanem pozitív és negatív töltésű részecskék jelenléte is okoz részletes lecsapódást, ködképződést. Kísérlete abban állott, hogy a nedves levegőt 114-szeres térfogatára tágitotta ki ; ha a levegőben sem porszemek, sem elektromos töltésű részecskék nem voltak, e kitágulás közben köd nem mutatkozott ; de, ha valami külső hatásra, a melyről később fogunk szólni, a levegő részecskéi ionizáltak, azonnal köd mutatkozott. Hogy e ködképződést kizárólag az ionizált levegőrészecskék idézik elő, Thomson akként bizonyította be, hogy az ionizálást megakadályozván, a ködképződést is megakadályozta. E célból a legtérben egymással szemben kondenzátorlemezeket állított fel, melyekben nagy

potenciálkülönbséget idézett elő. Ha a levegőrészecskék a külső hatásra ionizálódtak, akkor a kondenzátorlemezek oly módon hatottak, mint az elektródok az elektrolitben, az ellentétes töltésű ionokat magukhoz ragadván, töltésüktől megfosztották, s így a külső ionizáló hatást ellensúlyozták.

Ezután még azt a kérdést kellett eldöntenie, vajjon a keletkező köd minden elektromos töltésű részecskét magával ragad-e, tehát ezek a részecskék mindannyian egyformán viselkednek-e? Erre könnyen lehetett megfelelni. Thomson először a levegő kiterjedése közben a levegőrészecskéket ionizálván, ködöt idézett elő, s minthogy a levegőnek ismételt kiterjesztésére újabb ködképződés nem mutatkozott, ennél fogva az első ködképződésben minden részecske egyaránt működött mint a ködképződésnek gócpontja. Ha tehát minden egyes ionizált részecske egy vízseppeszkének középpontjává válik, akkor csupán az  $1 \text{ cm}^3$ -nyi térben keletkező vízseppeszkék számát kell megállapítanunk, hogy ily módon az  $1 \text{ cm}^3$ -ben jelenlevő ionizált részecskék számát kaphassuk.

Képzeljünk egy kis koczkát, melynek köbtartartalma  $1 \text{ cm}^3$ , két szemköztes fala pedig egymástól elszigetelt, s a telep pólusaival összekötött fémlemezről áll. Az áramerősség, vagyis az elektródokon az idő egységében átvonuló elektromos tömeg annál nagyobb, minél nagyobb a töltést felvevő részecskék száma ( $n$ ), továbbá annál nagyobb, minél nagyobb a részecskék sebessége és a tőlük továbbított elektromosságnak mennyisége ( $e$ ). Feltéve, hogy a lemezek között a potenciálkülönbség egységnyi nagyságú, s ekkor a részecskéknek  $U$  a sebességök, akkor  $E$ -nyi potenciálkülönbség mellett sebességük  $EU$  lesz, s így az áramerősség

$$i = n e E U.$$

Ebben az egyenletben öt mennyiség fordul elő, a melyek közül  $i$  és  $E$  könnyen lemérhető,  $U$ -t és  $n$ -et pedig számítás útján meg lehet állapítani, s így, mint ismeretlen mennyiség csupán az  $e$  marad fenn. Erre vonatkozólag Thomson 1901-ben  $e = 3.4 \cdot 10^{-10}$  elektrosztatikai egységnyi eredményt kapott, a mi a 86. lapon megállapított *elemi quantummal* igen szépen megegyezik.

E szerint tehát az elektromos töltés, melyet a gáznak minden részecskéje tovább szállít, épen akkora, mint az a töltés, melyet az elektrolitben a hidrogén-ion szállít tovább.

Ennél fogva a végeredmény a következő: az  $\frac{e}{m}$ -arány a gázalakú ionok esetében 2000-szer akkora, mint az elektrólit ionjánál, de a gramm-atómonkénti töltés ugyanakkora, tehát a gázalakú ionok tömegei az elektrolites ionok tömegeinek körülbelül  $\frac{1}{2000}$  részei. Ezek

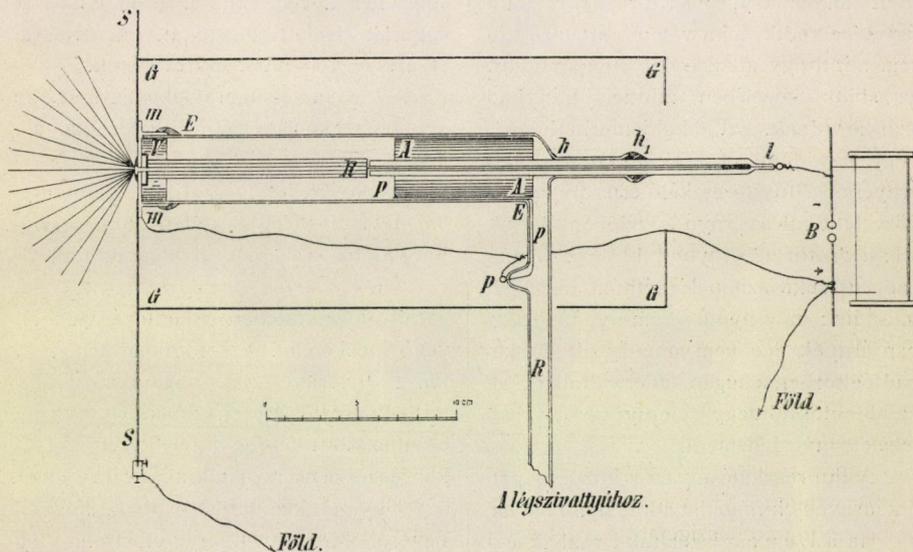
a kémiai atom  $\frac{1}{2000}$  részeivel egyenlő tömegű partikulák Thomson szerint az *ősatómak*, melyekből a kémiai atom, tehát az anyag is felépül. Ez a felfogás a chemiával erős ellentétben áll, s ha tekintetbe vesszük, hogy a chemiának sok viszontagság közt felépített mai hatalmas rendszere, melynek alapja az atómelmélet, eddig minden, az anyag természetének megváltozásaira vonatkozó tüneménynek kielégítő magyarázatát tudta adni, nem kell csodálkoznunk, ha a tudomány mezején ez újabb felfogás iránt szívós ellenállás mutatkozik, s az a törekvés érvényesül, hogy az újabb felfogásnak megdönthetetlen eredményei a kémia rendszerével összehangzásba tétessenek. Egy igen nevezetes ily irányú törekvésre később, ha a megértésére szükséges ismereteknek birtokában leszünk, még vizsztatérünk. (L. a 106. lapon.)

XII.

Lenard-sugarak.

A míg a kathódsugarak a kisülés csővében bezárva maradtak, a természetökre vonatkozó vizsgálatok bizonyos kényelmetlen korlátok között kényszerültek mozogni. Sokáig azt hitték, hogy a kathódsugarakat minden szilárd testnek még oly vékony rétege is teljesen elnyeli, belőlök nem bocsát keresztül semmit. Goldstein és Crookes rendkívül vékony kolloidium és üveglemezke erős árnyé-

kát állította elő. Végre azonban Hertz, Wiedemann és Ebert kimutatta, hogy igen vékony félemezek a kathódsugarakat keresztül bocsátják és Lenardnak sikerült a sugarakat a kisülési csővön alkalmazott vékony alumíniumlemezen, az úgynevezett *ablakon* keresztül a szabadba kihozni. Azt a készüléket, melyet erre a célra szerkesztett, a 15. ábrán látjuk. *K* a kathód, egy kis alumíniumkorong, hosszú nyélre van erősítve, a mely az igen vastagfalú *kl* üvegcsőbe van tolvá. Ez az üvegcső a kisülési csőnek *hh*,



15. ábra. Lenard készüléke a kathódsugarak kihozatalára.

toldalékába illik, s *m*-nél bele van forrasztva. Anódul az *AA* sárgarézsó szolgál, melyből a kathód csak kevéssé áll ki, s a mely a kisülési cső tágabb részébe szintén jól beleillik. Az anódot a helyzetében a *ppp* platinadrót erősíti meg, egyúttal az áram bevezetésére is szolgálván, a mennyiben a szivattyúhoz vezető *R* csőbe van forrasztva. A kathóddal szemközt végén a kisülési cső egy ráragasztott, közepén átfúrt erős fémkupakkal (*mm*) van elzárva, melynek nyílására a vékony alumíniumlemezske légmentesen rá van

enyvezve. A fémkupak nyílása előtt a cső belsejében elhelyezett *V* fémműve arra való, hogy a kathódsugaraknak csak vékony kévét bocsássa az ablakra. Az egész kisülési csövet a bádogból készült *G* védő köpönyeg veszi körül. Az ábra a szikrainduktorral való összeköttetés módját is feltünteti. Az alumíniumlemezske vastagsága 0.00265 mm volt. Ha az ablakon kilépő sugarakat nem akarjuk egyenesen a szabad légtérbe bocsátani, Lenard példájára a kisülési csövet az ablak folytatásában, a szivattyúval ösz-

szekőthető 1.5 m hosszúságú toldalékcsővel szerelhetjük fel. Ezt a toldalékcövet különböző gázakkal megtöltvén, a sugaraknak bennök való viselkedését a különböző ritkítás eseteiben tanulmányozhatjuk.\*

Az ablakból kilépő kathódsugarak, az úgynevezett *Lenard*-sugarak, közvetlenül az ablak közelében a levegőt gyengén világítóvá teszik, az ablak elé tartott foszforeszkáló anyagokat épen úgy, mintha a kisülési csőben volnának elhelyezve, foszforeszkálásra indítják. A nyílt légtér a *Lenard-sugarak* iránt úgy viselkedik, mint valami áttetsző közeg, minthogy a sugarak benne, mindjárt az ablak közelében minden irányban szétszóródnak. Ezt abból ismerhetjük fel, hogy egy fémdrót csak akkor vet éles árnyékot a foszforeszkáló ernyőre, mikor közvetlenül az ernyő közelében állítjuk fel; a drótot az ernyőtől kissé eltávolítván, árnyéka azonnal széthúzódik és elmosódik; az ernyőtől 3 cm-nyi távolságban árnyék már nem mutatkozik. A szabadlégtérben a sugarakat egyáltalán csak az ablaktól mintegy 5 cm-nyi távolságban lehetett még felismerni.

A fluoreszkáló anyagok közül csupán a kénsavas-chininoldat adott némi hatást.

Ha a *Lenard*-sugarak a szabad légtér helyett a toldalékcsőbe vezetettek, nagy ritkítás esetében egyenesvonalú terjedésöket, a mágneses és elektromos mezőben való eltérítésöket, negatív töltésüket az ismert módon lehetett tanulmányozni és *Lenard* az  $\frac{e}{m}$  arányt is mérte, s 1898-ban  $0.639 \cdot 10^7$ -nek találta.

Ugyancsak *Lenard* a toldalékcső segítségével számos anyag abszorpczióképességét is meghatározta, s úgy találta, hogy közelítőleg arányos az illető

\* *Wiedemann*, *Annalen der Physik und Chemie* LI. k. 225 l. LII. k. 23 l., LVI. k. 255. l.

anyag sűrűségével. E tekintetben csupán a hidrogén tér el lényegesen, a mi a hidrogén sajátosságaira nézve újabb adatnak tekinthető.

Különösen érdekes *Lenard*-nak az a kísérlete, melylyel kimutatta, hogy a nevérről elnevezett sugarak olyan térben is akadálytalanul terjednek, melyen keresztül a ritkítás magas foka miatt elektromos kisülések már nem mehetnek végbe. E célból az 1.5 m hosszú toldalékcövet elektródokkal látta el, s a végletekig kiszivattyúzta. Az elektródok közt kisülés nem következett be, de a *Lenard*-sugarak kiváló tisztasággal, intenzitással és élességgel voltak észrevehetőek.

A *Lenard*-sugarak chemiai hatására abból lehet következtetni, hogy megtámadják a fényérző fotografiai lemezt, s a levegő oxigénjét ionizálják. A fotografiai hatást illetőleg el kellett döntenem, vajjon valóban a *Lenard*-sugarak hatásával van-e dolgunk, avagy a hatást a sugarak következtében világítóvá váló levegő idézi-e elő? A fotografiai lemezt a fényt átbocsátó, de a sugarakat visszatartó kvarclemezzel részben eltakarván, a lemez alatt kép nem keletkezett, s így a kérdés a *Lenard*-sugarak javára dűlt el.

Ugyanő kimutatta továbbá, hogy a nevérről elnevezett sugarak elektromos hatásúak, minthogy a szigetelő levegőréteget, ionizálván, vezetővé teszik. Ugyanis a kathódsugarak útjába helyezett, különben gondosan elszigetelt és elektromos töltéssel ellátott vezető a sugarak illetén hatása következtében töltését hamar elveszti, ha pedig töltése nem volt, hasonló körülmények közt töltést nem is vehet fel.

### XIII.

#### Az ultraviola sugarak elektrosztatikai hatása.

Ugyanilyen hatásuk van az ultraviola sugaraknak is, a mit első ízben *Hertz*

vett észre 1887-ben, mikor kimutatta, hogy az elektromos szikra könnyebben csap át a szikraközön, ha ultraviola sugarak világítják meg, mint ha ez a fény hiányzik. Hallwachs, Righi, Elster és Geitel ezt a tüneményt közelebbről megvizsgálván, úgy találták, hogy a frissen fényezett cinklemez negatív töltését az ultraviola fény hatására elveszti. A pozitív elektromossággal töltött felület azonos körülmények közt nem változik, a semleges állapotú felület pedig pozitív töltést vesz fel. A tünemény lefolyására a mágneses mező is hatással van, minthogy alacsony nyomáson a mágneses mező a töltés elenyészését hátráltatja. Ez csak úgy magyarázható meg, ha felteszszük, hogy az ultraviola fényben szintén negatív töltésű ionok hatnak, melyeket a mágneses hatás egyenes vonalú pályájukról eltérítvén, az elektromos töltésű vezető felületétől részben távoltartja őket.

Itt a fény és elektromosság között ismét megbecsülhetetlen értékű kapcsolat derült ki, mely az eddig ismert kapcsolatosságot szépen kiegészíti, s a fény valódi természetére fontos következtetéseket enged meg, vagy helyez kilátásba.

#### XIV.

#### Lorentz elmélete. A Zeemann-effektus.

Az utóbbi kísérleteket megelőzőleg H. A. Lorentz az elektromos és fénytünemények közös elméletét állította fel, melynek kiinduló pontja, hogy minden testben vannak ionok, s hogy az összes elektromos és fénytünemények ez ionoknak kölcsönös helyzetén és mozgásain alapulnak. Azt a kérdést, vajon a fénytünemények esetében elektrolites ionok, avagy más természetű ionok működnek-e közre, további kísérletektől kellett függővé tenni. Hogy a láng kisugárzásában

nem elektrolites ionok, hanem másféle ionok rezgései hatnak közre, P. Zeeman bizonyította be azokkal a kísérletekkel, melyeket 1896-ban Kamerlingh Onnes tanár laboratóriumában végzett, s a melyeknek eredményét most általában Zeeman-effektus-nak szokták nevezni.

Zeeman nevezetes fölfedezését Amsterdamban 1900. évi márczius 12-én tartott székfoglaló beszédében röviden követhetőképen adja elő.

Közönséges körülmények közt a nátriumgőz színképe főleg két fényes vonalból áll. Rowland szép fölfedezésének köszönhetjük, hogy jelenleg a konkáv-rácsban oly spektroszkópot birunk, mely a színképi vonal módosulásaiban a kibocsátott fény rendkívül csekély változását is felismerhetővé teszi. Ha erős elektromágnes pólusai közé nátriumlángot helyezünk, addig, míg a dróttekercsben áram kering, a nátriumvonalak nem finomak és nem élesek többé, hanem a színképnek mind a vörös, mind a viola oldala felé széthúzódnak. A mágneses mezőben tehát, miként ez és más ellenőrző kísérlet bizonyítja, az eredeti rezgéseken kívül még más, valamicskével nagyobb és valamicskével kisebb rezgési idejűek is emittáltak. Lorentz elmélete nemcsak hogy könnyen megmagyarázza, hanem annak alapján egyes rendkívül fontos részletek is megállapíthatók voltak, feltéve, hogy a kisugárzó atomokra vonatkozólag egyszerű felvétel történik. Oly anyagra nézve, melynek csak egy sprektálvonala van, elégséges az a felvétel, hogy a láng minden atómjában csakis egy mozgékony ion van, mely, bár nem annyira mozgékony, mint a szabad ionok, a melyet azonban egy minden irányban egyenletesen ható erő az egyensúlyi helyzetéből a távolsággal arányosan képes kimozdítani, ha azt a helyzetet az ion egyáltalában elhagyja. Ennélfogva az ion az

egyensúlyi helyzet körül ide-oda rezeghet, s minthogy van elektromos töltése, tehát elegendő ereje az éteren való uralkodásra, mozgását vele közölheti, s benne rezgéseket létesíthet, melyek, ha eléggé gyorsak, bennünk a fény érzetét keltik.

A mágneses mezőben az iónra új erő hat, még pedig az, mely a kathódsugarak egyenes vonalú pályáját meg tudja görbíteni, s mely egyszerű függésben van a mozgó ión sebességével és a mágneses mező intenzitásával. Számítás útján könnyen megállapítható, hogy ennek az erőnek hatására az ión mozgása milyen lesz, s milyen fénymozgás fog annak kapcsán keletkezni. Az az elméleti eredmény, hogy minden spektrálvonal három vonalal helyettesítendő, melyeknek bizonyos módon polarizáltaknak kell lenniök, kísérileg először a kadmiummal volt teljesen igazolható; nátriummal a vonalak nem voltak eléggé finomak. Az elmélettel való megegyezés további részletekben is tökéletes. Így annak az állításnak, hogy elektromosságot találunk ezer meg ezer olyan helyen, a melyeken a jelenlétét nem is sejtettük, új támasztéka akadt. Minden lángban, minden fényforrásban látjuk most az elektromos részecskék rezgését, s így szemünk valóban elektromos mozgások megfigyelője. A spektrálvonalak széthúzóadásának nagyságából a Lorentz-féle elmélet segítségével azonalakra nézve, a melyekre az elméletet alkalmazni lehetett, a töltésnek a tömeghez való arányát,  $\frac{e}{m}$ -et újra meg lehetett határozni. Zeeman a nátriumvonal megfigyeléséből  $\frac{e}{m} = 1.6 \cdot 10^7$  értéket kapott, mely számérték, legalább rendjét illetőleg, az eddigi eredményekkel szépen egyezik. A vizsgálatokból továbbá arra is lehetett következtetni, hogy a rezgő részecskék töltése negatív volt.

## XV.

## Az elektron-elmélet.

Ezzel ismét visszatértünk az  $\frac{e}{m}$  arány értékére, s arra a kérdésre, vajon vannak-e az atomoknál kisebb anyagi részecskék?

Az  $\frac{e}{m}$  arány értékeire nézve talált eredmények, melyeket a lehető legkülönbözőbb alapon és módszerrel kaptak, csak annyiban egyeznek meg egymással, hogy rendjük ugyanaz, de értékök  $0.1 \cdot 10^7$  és  $1.865 \cdot 10^7$  közt van. A szerint, a mint a legkisebb, illetőleg a legnagyobb értéket fogadjuk el, a kathódsugarakban haladó részecske 1000 szer, illetőleg 2000-szerre volna kisebb a hidrogénatomnál. Eleinte azt hitték, hogy a részecske tömege állandó. E feltevés mellett fennállnak mindazon következtetések, melyeket J. J. Thomson levont, s ez a részecske volna az *ösatom*, melyből az anyagi atomok, tehát maga az anyag is felépül.

Kaufmann újabb vizsgálataiból azonban kitűnt, hogy az  $\frac{e}{m}$  arány függ a részecskék sebességétől és annál kisebb, minél inkább közelíti meg a sebesség a fény terjedésének sebességét. Ez a körülmény a J. J. Thomson-féle elméletet erősen megingatja, mert alapfeltételét, az  $\frac{e}{m}$  arány állandóságát támadja meg.

Ha ennél fogva az elméletet nem is ejtjük el teljesen, a mi azért nem tanácsos, mert segítségével a tapasztalati anyagnak számos részletes eredményét egységes szempont alá lehet összefoglalni, mégis módosítanunk kell, hogy egyaránt alkalmazhassuk mind az igen gyors, mind pedig az igen lassú terjedésű sugarakra. Két út áll rendelkezésünkre, a szerint, a mint vagy a töltést, vagy a tömeget tekintjük a terjedéss sebességtől függőnek. Az első

feltevés, t. i. az, hogy a töltés függ a terjedés sebességétől, igen valószínűtlen, a másodiknál ellenben még mechanikai analogiára is támaszkodhatunk.

Az erő mértékéül a tömeg és gyorsulás szorzata szolgál, s így  $P = m \cdot g$ . Ha a közben, míg az erő a tömegre hat, surlódás is keletkezik, akkor a gyorsulás kisebbnek mutatkozik, és

$$P = m \gamma + R$$

foglalja magában a tűnemény leírását, a mely egyenletben  $R$  a surlódás erőhatását jelenti,  $\gamma$  pedig a  $g$ -nél kisebb gyorsulás. E szokásos felfogással ellentétben más felfogás is lehetséges és használható, a mennyiben a minden körülmények közt állandó  $M$  mechanikai tömeg mellett egy a sebességtől függő  $\mu$  látszólagos tömeget állapíthatunk meg oly módon, hogy álljon a

$$P = (M + \mu) \gamma$$

egyenlet.

A kathódsugarakban a  $v$  sebességgel mozgó partikula elektromos áramot *indít*, ép úgy, mint a fémes vezetékben haladó áram az étert módosítja, elektromágneses mezőt idéz elő s a mágnesű állására hatással van.

Ehhez munkára van szükség, s így a kathódsugaraknak bizonyos energiájuk van. A mozgó részecskék energiája e szerint két részből áll: *a*) a mozgó részecske kinetikai energiájából, mely  $= \frac{1}{2} mv^2$  és *b*) a gerjesztett mágneses energiából, mely, miként a számításokból kitűnt, ugyancsak arányos a sebesség második hatványával. Ha tehát  $K$ -n egy arányossági tényezőt értünk, akkor a partikula teljes energiája

$$E = \frac{1}{2} mv^2 + Kv^2$$

Ezt az egyenletet is a megelőzőknek megfelelőleg

$$E = \frac{1}{2} (M + \mu) v^2$$

alakban írhatjuk, hol  $\mu$  a sebességtől függő tömeg, a *látszólagos tömeg*.

A látszólagos vagy elektromágneses tömegnek a sebességtől való függését a következő megfontolással igazolhatjuk. A mozgó részecske elektromágneses mezőt idéz elő; de ez nem alakul ki az egész térben pillanatnyilag, hanem a ható középponttól a térben a fény sebességével terjed tovább. A míg a ható középpont az  $ABC$  háromszögnek  $A$  csúcsában marad, vagy csak lassan halad a  $B$  csúcspontra felé, addig a  $C$  csúcspontra való hatását az elektrosztatika ismert törvényei, a *Coulomb*-féle és a *Biot-Savart*-féle törvény szerint pontosan megállapíthatjuk; de, ha a ható középpont  $A$ -tól  $B$ -felé akkora sebességgel halad, a mely a fény terjedésének sebességét megközelíti, akkor a  $C$ -re való hatások körülbelül akként módosulnak, mint a melyeket a *Doppler*-féle tűneményben a hangmagasság, illetőleg a fény színe tekintetében észlelünk. Erre való tekintettel az előbb említett törvények némileg módosulnak majd. Ez a tűnemény adja meg a *Kaufmann*-féle észleletnek magyarázatát, és egyúttal ugyancsak *Kaufmann* kísérleteiből arra lehet következtetni, hogy a kathódsugarakban tovarepülő partikulák mechanikai tömegei a látszólagos vagy elektromágneses tömegekhez képest igen csekélyek, talán épenséggel végtelenül csekélyek s így értékük zérusnak vehető. Ha ezt az utóbbi feltevést fogadjuk el, akkor azt állítjuk, hogy a kathódsugarakban tovarepülő partikuláknak valódi tömegök nincsen: ők az elektromos töltésnek tömegnélküli elemi quantumai. Mai fizikai felfogásunk gondolatvilágunkon annyira uralkodik, hogy ezt az értelmezést alig bírjuk fel fogni; a dolog ránk nézve ebben a pillanatban oly nehézségekkel jár, mint a milyenekkel az *Aristoteles* tanításában fölnevelkedett emberre nézve *Galilei* eszméinek megértése járhatott. *Stoney* nyomán ezeket a testnél-

küli elektromos töltéseket *elektron*-oknak hívják. Tekintettel arra, hogy mindenműkathódsugarak töltésének nagyságát egyenlőnek találták és ugyanakkora töltések mutatkoztak az egy vegyértékű elektrolitek ionjaiban is, és hogy csekélyebb elektromos quantumok kimutathatók nem voltak: mondhatjuk, hogy *az elektron az elektromosságuk apróbb részekre fel nem bontható atómja, az ion pedig olyan kémiai atom, illetőleg atomcsoport, mely egy, két, három vagy több elektront tartalmaz.*

Ily módon egyrészt kiegészítettük a Thomson-féle elméletet, másrészt az elektromos sugárzások terén egymás nyomába lépő és mindinkább meglepőbb kísérleti eredmények a kémianak eddig kitűnően beváló rendszerét végromlással többé nem fenyegetik.

Azok a vizsgálatok, melyek az elektron fogalmának megállapítására vezettek, 1890-ből datálódnak, a mikor elsőnek

Schuster tette közzé az  $\frac{e}{m}$ -arány megállapítását. Érdekes tüneménynek tekintendő tehát, ha Helmholtz már 1881-ben velejében azonos nézeteket vall, a mikor a Faraday-féle elektrolites törvényekre támaszkodva, a következőket mondja: »Ha a kémiai elemeket atomokból állóknak tekintjük, akkor a következetesség érdekében egyúttal kénytelenek vagyunk az elektromosságot is, akár pozitív, akár negatív legyen az, bizonyos elemi quantumokból állónak tekinteni, a mely elemi quantumok úgy viselkednek, mintha az elektromosság atómjai volnának. Minden ionnak addig, míg a folyadékban tovahalad, minden vegyértékére nézve egy nagy elektromos aequivalenssel kell összekötnie lennie. Csakis az elektródok határfelületén állhat be a szétválás, a mennyiben, ha az elektródokon eléggé nagy elektromindító erőkhatalnak, akkor az ionok elektromos töl-

téseiket lerakhatják és semlegesekké válhatnak.«

Ugyancsak Helmholtz kifejti azt is, hogy az elektronok, vagyis az elektromosságnak elemi quantumai, hódolnak az anyag megmaradására vonatkozó törvénynek. Mert: »Minden elemi quantum magában véve elpusztíthatatlan; nem szaporítható, épen úgy, mint az anyag; csakis akkor válik ránk nézve észlehetetlenné, ha egy ellentétes, de épen akkora quantummal egyesül.«

Mindenesetre jellemző, hogy a fizika terén a nagy gondolkozók eszméi többször megelőzték a tapasztalatból levonható eredményeket, s a mikor a nagy elméknek korábban kifejtett eszméivel meggyezésre jutottak, azok az eszmék jóslatszerűeknek voltak tekinthetők. Az elektromossugárzás terén erre például szolgálhat Faraday, Crookes és Helmholtz.

## XVI.

### A Goldstein-féle, vagy csatornasugarak.

Valamint a ritkulás fokozódtával az anódfény a kisülési csőben fokozatosan visszahúzódik, úgy az anódnak elektromos kisugárzása eddigi fejtegetéseinkben is meglehetősen hátraszorult, mivel az érdeklődés a kathódsugarakra irányult. Minthogy azonban minden elektromos tüneményben az egyik fajta elektromosság egymagában sohasem jelenkezik, hanem vele együtt egyenlő mennyiségben a másik fajtájú elektromosságnak is mutatkoznia kell, ennél fogva bizonyára vannak az anódról tovalökődő pozitív töltésű ionok, melyek a kathód felé vándorolnak. Ezeket a sugarakat E. Goldstein tanulmányozta és *csatornasugarak*-nak nevezte el. Az elnevezésnek következő az eredete. Az a sárgás fényhártya, mely a Geissler-csőben a kathódot ellepi, az anódról a kathódra érkező pozitív ionoktól szár-

mazik. Hogy tehát az anódsugarakat elkülöníthesse, Goldstein a katódot a közepén átlukasztotta, s folytatásául egy 2 mm átmérőjű, körülbelül 2 cm hosszúságú fémcsővecskét alkalmazott. Ebből a csőből lép ki az anódsugár, a mely sárgás fényvel világít, s a csatornával szemköztes toldalékcsőben néhány dm-nyire haladván, a cső szemköztes falán foszforeszczenziát idéz elő. Az anódsugarak kényelmesebben állíthatók elő, ha a katódot drótszövetből készítjük. Ilyen kísérési csövet látunk a 16. ábrán.

Azt, hogy a csatornasugarak a katód felé repülő partikulákból állanak, Villard és Wehnelt mutatta ki. A drótszövetből készített katód elé helyezett drótnak kiszélesített árnyéka mutatkozik, mögötte pedig az áttört katódon túl anódsugarak nem jelentkeznek (17. ábra).

A Faraday-féle csapó-berendezés segítségével Villard, Ewers és W. Wien kétségtelenül kimutatta, hogy az anódsugarak pozitív töltésű partikulákból állanak; W. Wien az elektrosztatikai és mágneses eltérések megfigyeléséből az

$$\frac{e}{m} = 0.23 \cdot 10^{15}$$

értéket és

$$V = 0.015 \cdot 10^{10}$$

cm-es sebességet talált. Ha tekintetbe vesszük, hogy a katódsugarak esetében ugyanazon egységekben kifejezve

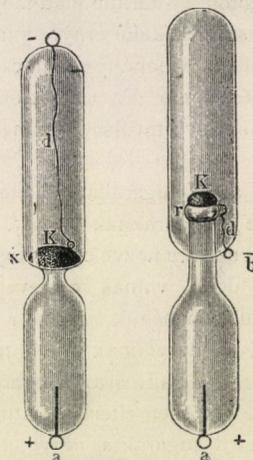
$$\frac{e}{m} = 559 \cdot 15^{15}, \text{ illetve}$$

$$V = 0.31 - 0.68 \cdot 10^{10},$$

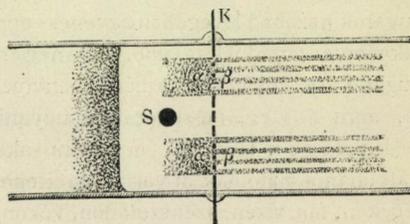
akkor első sorban azt látjuk, hogy az anódsugarakra nézve  $\frac{e}{m}$  körülbelül egyenlő a hidrogén-ión töltésével ( $0.299 \cdot 10^{15}$ ), másodsorban pedig a sebesség sokkalta kisebb, mint az elektronoké. Itt még tekintetbe veendő az is, hogy az anódról induló kisugárzás nem homogén, s a közölt adatok a legerősebben eltéríthető

sugarakra vonatkoznak, tehát maximális értékeket képviselnek. Ennélfogva az anódsugarakban tovarepülő, pozitív töltésű részecskék az elektronok iránt teljesen olyan arányokat tüntetnek fel, mint az elektrolites ionok.

Az elektron fogalmának megállapítása után az a törekvés érvényesült, hogy az összes elektromos, sőt optikai tünemé-



16. ábra. A csatornasugarak kimutatására való készülék.



17. ábra. A csatornasugarak alkotó részeinek kimutatása.

nyek az elektron segítségével magyaráz-  
tassanak meg. Bár ez a törekvés még  
minden irányban kielégítő eredményre  
nem vezetett, mégis igen termékenyek  
bizonyult.

XVII.

Röntgen-sugarak.

Röntgen, würzburgi tanár, 1895. decemberében a würzburgi természettu-

dományi társulatban rendkívül fontos fölfedezésről számolt be. Ugyanis azt tapasztalta, hogy a kisülési csőnek üvegfaláról, mely a kathódsugarak hatása következtében foszforeszkál, újfajta sugarak indulnak ki, a melyeket szerényen X-sugaraknak nevezett el. Ezek a sugarak áthatoltak a kartonon, melylyel a kisülési csövet teljesen beburkolta, mert a közelben felállított és bárium-platinacyanürrel bevont foszforeszkáló ernyő mindannyiszor felvillant, valahányszor a csőben kisülést idézett elő. Ez a foszforeszkálás a csőtől 5 m-nyi távolságban még észrevehető.

Azóta az X-sugarakat már általában Röntgen-sugaraknak hívják. Ezek a sugarak a szemre nézve csakis foszforeszcencia útján válnak észrevehetőkké. Számos tulajdonságuk azonos a kathódsugarakéival, de vannak olyan tulajdonságaik is, melyek a Lenard-sugarak tulajdonságaitól teljesen eltérők. Láttuk, hogy a Lenard-sugarakra nézve a szabad levegő áttetsző közeg módjára viselkedik, a melyben a sugarak minden irányban szétszóródnak; ellenben a Röntgen-sugarak a szabad levegőben egyenes vonalak mentén terjednek tovább. A Röntgen-sugarak az anyag kisebb mértékben nyeli el, mint a Lenard-sugarakat; ugyanis a Röntgen-sugarak majdnem akadálytalanul hatolnak át vastag papirosrétegeken, fán, vizen, szénszulfidon, vékony fémlemezeken; ellenben vastagabb fémlemez, üveg stb. éles árnyékot vetnek. A legélesebb eltérés, mely a Röntgen-sugarak és Lenard-sugarak közt mutatkozik, abban áll, hogy a Röntgen-sugarakra a mágneses mezőnek eddig semmiféle hatását sem lehetett kimutatni, ezzel ellentétben az elektrosztatikai hatások épen oly erőyesek, mint a Lenard-sugarak esetében.

Az erős foszforeszkáló hatás tudvalevőleg a sugarak fölfedezését vonta maga

után; a chemiai hatás pedig, melyet a Röntgen-sugarak a fényérző lemezre kifejtenek, e sugaraknak rendkívüli gyakorlati fontosságot biztosított.

Míndezeket a körülményeket a róla elnevezett sugarakra nézve már maga Röntgen megállapította, s a későbbi vizsgálatok néha igen ellentmondó eredményeikkel a sugarak természetére vonatkozó belátást nem hogy növelték volna, hanem inkább zavarosabbá tették.

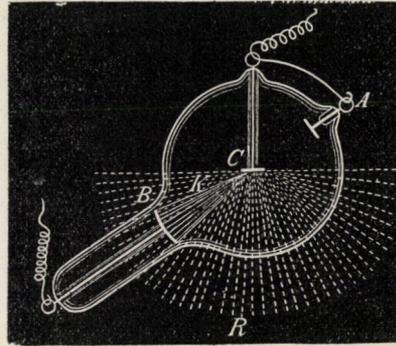
Azokból a törekvésekből, melyek a sugaraknak lehetőleg kényelmes és hatásos előállítására irányultak, elsősorban az tűnt ki, hogy bármilyen test felületéről Röntgen-sugarak indulnak ki, ha kathódsugarak érik; e mellett közönyös, hogy a test a kisülési csőben, vagy a fala mentén van-e elhelyezve. A kisülési csőnek azt a részét, melyről a sugarak kiindulnak, újabban *antikathód*nak nevezik. Igen erőyes foszforeszkáló és fotografiai hatásokra számíthatunk, ha a sugarak lehetőleg egy pontból indulnak ki, nem pedig valami határolt felületről. Ezt a követelményt oly módon lehet kielégíteni, ha a sugarak valami fémből, leginkább alumíniumból készült vájt gömbtükör felületéről indulnak ki. Ebben az esetben ugyanis a kathódsugarak visszaverődés után a tükör gömbi középpontjában találkoznak; ha az antikathód szolgáló alumíniumlemezt ebben a pontban helyezük el, akkor a lemez felületéről igen hatásos sugarak fognak indulni. Az ilyen szerkezetű csöveket *fókuszcső*eknek hívják. Ilyent látunk a 18. ábrán, melyből kitűnik, hogy az anód és az antikathód vezetőleg köttetik össze.

A légritkítás fokát pontosan nem lehet megállapítani; rendszeren egy a csővel párvonalosan kapcsolt szikraköz ütőtávolságával szokták jellemezni. Eleinte 15—30 mm-es ütőtávolságú csöveket alkalmaztak, most azonban már 50—100 mm-ig haladnak. E tekintetben az a sajtóságos tüne-

mény tapasztalható, hogy a cső használata közben a ritkulás fokozódik, minek az a magyarázata, hogy a csőben elzárt levegőrészecskék ionizálódnak, lassanként a cső belső falához tapadnak. A bajon a csőnek gyenge fölmelegítése szokott segíteni.

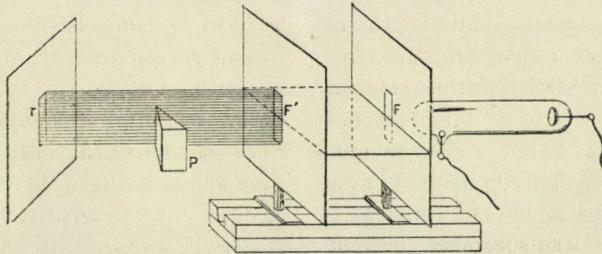
A sugarak egyenes vonalú terjedésére nézve J. Perrin végzett vizsgálatokat. Kísérleti berendezését a 19. ábra tünteti fel. A két ernyőn egymással szemben alkalmazott szűk rések jól határolt sugárnyalábot biztosítottak. Ha e sugárnyalábot kaszettába zárt fényérző lemezre ejtették, előidézés után a lemezen a résnek élesen körvonalozott képe mutatkozott. A kép szélén az elhajlásnak (diffrakció) nyomai sem voltak észlelhetők. Ha azonban a képet a szabadon felállított fényérző lemezen idézte elő, a mely esetben a kisülési cső falának zöld fénye is szabadon érhet, akkor jellemző inter-

ferenciás vonalak mutatkoztak. Sagnac optikai rács segítségével akart interferenciát előidézni, de semmi nyomát sem bírta kimutatni.



18. ábra. Fókuszcső.

Többen a polárosság tünetéjét törekedtek megfigyelni. Galicin herceg és Karnojitzky azt vélték észrevenni, hogy



19. ábra. Perrin kísérlete.

$\frac{1}{2}$  mm vastagságú, kereszteződő turmalinlemezek kereszteződésének helye alatt a fotografiai hatás gyengébbnek bizonyult, a mi a polarizálás tünetéjére engedne következtetést. A kísérletet Becquerel ismételte, s a polarizációnak semmi nyomát sem bírta fölfedezni. Ugyanígy nemleges eredményre jutott más kristályok alkalmazásával A. M. Meyer és Sagnac is.

Visszatérve Perrin kísérleteire, a refrakció vizsgálatánál a nyaláb útjába

a kérdéses anyagból készült hasábot helyeztek; a ferdén beeső sugarak elhárítása céljából a réseket vízszintes állású ernyővel kétfelé választották. Ha a prizma viaszból vagy paraffinból készült, akkor a rés alsó részének képe teljesen a felsőnek meghosszabbításába esett; fémprizmával végezve a kísérletet, némi csekély eltolódás volt észlelhető, melyből alumínium esetében a törésmutató 0,9996-nak volt kiszámítható. Igen valószínű azonban, hogy ez az eltolódás valami,

eddig még ismeretlen másodlagos hatásnak tulajdonítandó, s így a Röntgen-sugarakra nézve a törés tüneténye sem állapítható meg.

Igen ellentétesek a kísérleti eredmények a visszaverődésre nézve is. Maga Röntgen két oly kísérletet ír le, a melyek eredményei ellentmondók. Perrin aczélból és flintüvegből készült tükrökkel kísérletezván, a szabályos visszaverődésnek nem birt nyomára akadni. Batteli és Garbasso Pisában, Imbert és Bertin-Sans Montpellierben szét-szórt visszaverődést állapítottak meg, de a csiszolt tükörfelületről való szabályos visszaverődésnek nyomaira ők sem akadtak. Ezekben a kísérletekben a nehézség abban áll, hogy a foszforeszczenziát teljesen ki kell küszöbölni, s arra is ügyelni kell, hogy a visszaverő felület a sugarak keletkezésének másodrendű forrásává ne váljék.

A foszforeszkálást illetőleg különösen a báriumplatinacyanür állott az első helyen. Jackson a foszforeszkáló fényt spektroszkóppal vizsgálván, benne a bárium vonalait ismerte fel, miből a sónak a sugarak hatása következtében való felbomlására lehetett következtetni. Silvanus P. Thomson szerint a káliumplatinacyanür 12-szerre érzékenyebb, mint a báriumsó és Wiedemann szerint mészsókból épen oly érzékeny, de sokkal olcsóbb ernyőt lehet készíteni, mint a platinacyanürből.

A fotografiai hatásról sem tudni még, vajjon közvetlen-e, vagy közvetett. A kérdéssel már Röntgen maga is foglalkozott, de döntő eredményre nem jutott; különben fényhatás esetén sincs a kérdés még eldöntve, minthogy a haloid-sókat a lemezre erősítő anyag hatása még nincsen teljesen kiderítve. Ha ez anyagok a fényhatásra luminizálnak, akkor a fotogramm keletkezése másodrendű folyamat. A Röntgen-sugarak ese-

tében e véleményt támogatja Éder és Valenta bécsi fotografusok abbéli észlelete, hogy a kollódiumos lemezek a Röntgen-sugarakra nézve érzéketlenek.

A sugarak elektrosztatikai hatásait Benoist és Hurmuzescu Párisban, Dufour Lausanneban és J. J. Thomson Cambridgeben beható vizsgálatoknak vetették alá. Az általános kísérleti tény az volt, hogy az elektroszkóp a Röntgen-sugarak hatása következtében töltését igen gyorsan elveszti.

Benoist és Hurmuzescu a 20. ábrán feltüntetett és könnyen megérthető kísérleti berendezést használta. Az elektrométer sárgarézből készült szekrényben volt elzárva, s előzetes kísérletekkel meggyőződtek, hogy ez a szekrény a Röntgen-sugarakat a falon keresztül nem bocsátja a belsejébe. A kisülési cső felé a szekrény falán vékony alumíniumlemezrel befödött kerek nyílás volt alkalmazva.

Első sorban megvizsgálták, mennyiben függ a semlegesítés gyorsasága attól a fémtől, mely a sugarakat átveszi. E célból az elektrométer álló tujével vezetőleg összekötve, az ablak mögé egymásután különböző fémlamezeket helyeztek. A másik tű a szekrény nyel egyetemben a földbe volt levezetve. Ily módon úgy találták, hogy a semlegesítés annál gyorsabban történik, mennél átlátszatlanabb a fém a Röntgen-sugarakra nézve. Benoist és Hurmuzescu a pozitív és negatív töltések semlegesítésében nem találtak különbséget, s ezt az észleletet J. J. Thomson is megerősítette. Az utóbbi azt is megállapította, hogy a kisülési cső kiszivattyúzása közben a semlegesítés akkor veszi kezdetét, mikor a kisülési csőben a kathódsugarak kezdenek jelenkezni.

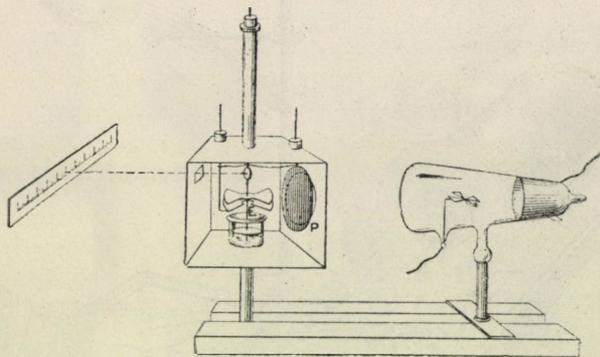
A hatás nemcsak levegőben mutatkozik, hanem előáll például akkor is, ha a vezető egészen paraffinba, tehát a leg-

kitünőbb szigetelőbe merül, a melyben különben töltését beláthatatlan ideig megőrizhetné. Általában a Röntgen-sugarak hatása alatt minden dielektrikum vezetővé válik. E tüneménynek J. J. Thomson adta meg valószínű okát. Előzőleg kísérletileg megállapította, hogy gázokban a kisülés sebessége arányos a sűrűség négyzetgyökével. Ennélfogva a kisülést a sugarak hatására diszszociálódó gáz molekuláinak ionizációja okozza. Erre vall az a körülmény is, hogy gyenge disszociáció esetében az iónok száma arányos a sűrűség négyzetgyökével.

Kimutatták azt is, hogy az a levegő, melyen keresztül Röntgen-sugarak haladtak, bizonyos ideig megtartja semlegesítő tehetségét. Righi egy kísérletével továbbá bebizonyította, hogy a sugarak dielektrikumok töltéseit is tudják semlegesíteni.

Különösen hangsúlyozandó az a körülmény, hogy az ultraviola fény és a Lenard-sugarak csupán a negatív töltést semlegesítik, a Röntgen-sugarak pedig mindkét fajtájú töltést semlegesítenek.

Az anyagok átbocsátó képességének vizsgálatában a Röntgen-sugarak mind-



20. ábra. A Röntgen-sugarak tanulmányozása.

három hatását, a foszforeszkálást, fotografiai hatást és az elektrosztatikai hatást lehet alkalmazni. Az utóbbi módszer nemcsak a legérzékenyebb, hanem quantitativ mérésekre is a legalkalmasabb.

Az üvegfajtákra nézve Chabaud úgy találta, hogy a sárga vagy zöld lumineszcenciájú üvegfajták a sugarakat legjobban bocsátják keresztül, ellenben a kék lumineszcenciájú ólomüveg rendkívül átlátszatlan. Az uránüveg közepes helyet foglal el a közönséges és a kristályüveg között. A szerves vegyületek rendkívül áttetszők; fémek és metalloidok hozzáadásával ez átlátszóság erősen gyengül. Ez adja meg a csontváz-fotografiák ma-

gyarázatát, a mennyiben a csontváz burkoló szövetek szerves vegyületei fémtől mentesek, tehát a sugarakat akadálytalanul átbocsátják, a csontok azonban foszforsavas mésztartalmuk miatt visszatartják.

Mint hogy szemünk a Röntgen-sugarakra nézve érzéketlen, fel kell tételeznünk, hogy a szemet alkotó anyagok e sugarakra nézve átlátszatlanok. Ez annyival valószínűbb, mert bizonyos, hogy a színek látátságát a viola felé szemünk átlátszatlansága korlátozza.

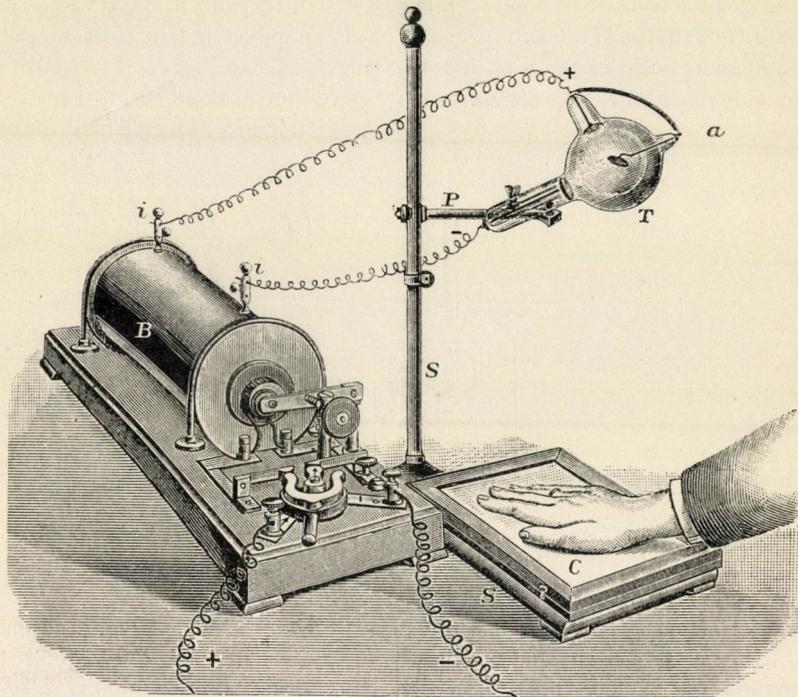
Mint érdekes gyakorlati alkalmazás említhető, hogy a gyémánt a Röntgen-sugarakra nézve átlátszóbb lévén az üveg-

nél, a hamisítványokat könnyen fel lehet ismerni. Ugyanígy felismerhető a szerves anyagok hamisítványai is, ha fémes alkotó részeket tartalmaznak, pl. a bárium-szulfáttal hamisított sáfrány, az ásványi alkotó részek hozzátevésével súlyosabbá tett kaucsuk és selyem.

A fémek közül legkevésbé átlátszó a platina, leginkább az aluminium, s itt a

réteg egyenlő vastagsága mellett a sűrűséggel fordított arányosságot keresnek a vizsgálatok.

Mindez észleleteket a kérdés elméleti oldaláról tekintve, kétségtelen, hogy a Röntgen-sugarak esetében rendkívüli nehézségekkel van dolgunk. Az egyenes vonalú terjedés miatt joggal beszélünk sugarakról; de ez a sugárzás teljesen el-



21. ábra. Készülék Röntgen-fotografiák fölvételére.

térő a fénysugarak természetétől, mint-hogy sem a visszaverődés, sem a törés tünetenyei kétségtelenül megállapíthatók nem voltak. Az interferencia, diffrakció és polarizáció hiánya arra látszik utalni, hogy a Röntgen-sugarak nem magyarázhatók oly folyamattal, mely egyértékű volna az éterben előálló transversális mozgással. Mégis némelyek erre az álláspontra helyezkednek, s a kísérletek nem-

leges eredményeit a Röntgen-sugarak hullámhosszágának rendkívüli kicsinyiségével okolják meg, a mi mellett összes eddigi eszközeink és módszereink túlságosan durváknak és így érzéketleneknek tekintendők. Mások azt állítják, hogy a kathód sugarak akadályokba ütközvén, sebességök hirtelen megváltozik, s ez a sebességváltozás idézi elő azokat az aperiodikus lökéseket, melyek az éteren ke-

resztül haladva, a Röntgen-sugarak tüneményeit okozzák. Valóban periodikus éterrázkódások nem rendelkezhetnek olyan tulajdonságokkal, mint a fénytüneményeket okozó periodikus rázkódások, a rezgések. Hogy a sugarak tovaterjedésének elegendőleg vékony rétegek esetében semmiféle anyag sem szolgál akadályul, sőt a szerves anyagokon keresztül a sugárzás akadálytalanul hatol át, s még a fémek közül is a legkisebb sűrűségűek nagy mértékben áttetszőknek bizonyulnak, ez a körülmény a mellett szól, hogy itt igen kicsiny hosszúságú transversális rezgésekkel van dolgunk, de éppen oly jól megmagyarázható az éternek longitudinális rezgéseivel is.

A mágneses mezőnek hatástalansága folytán a kathód sugarakhoz hasonló természetűek nem lehet, az elektrosztatikai hatásoknál fogva pedig elektromos töltéssel bíró partikulákra gondolhatnánk; csak hogy az a körülmény, melyet mindkét fajtájú töltések semlegesítése állapít meg, ezt a magyarázatot is lehetetlenné teszi. Mindezeknél fogva későbbi vizsgálatok, esetleg szerencsés véletlen feladatok ennek a rejtélyes kérdésnek a megfejtése.

Gyakorlati alkalmazásukat illetőleg első sorban a csontvázfotografiák említethetők fel. A 21. ábra azt a berendezést tünteti fel, melylyel a kaszettán végbenő fotografálást szokták végezni. Ujabban orvosi vizsgálatokra nem a fotografálás hosszadalmas műveletét alkalmazzák, hanem a foszforeszkáló ernyővel való átvilágítást.

Igen érzékenyek a Röntgen-sugarak fiziológiai hatásai, s e tekintetben az orvosi tudomány sokat vár tőlük. Huzamo-

sabb hatásuk a bőrön gyuladást okoz, minek következtében az epidermis lehámlik s a szőr kihull. E hatás ellen a bőr bezsírozásával vagy gliczerinnel való bekenésével lehet védekezni. A hatás oka még ismeretlen, de a sugarak ionizáló hatásával állhat kapcsolatban. A baktériumokra nézve a sugarak pusztító hatásúaknak bizonyultak, a mit tuberkulózissal beoltott tengeri nyulakon Lortet és Genaud igazolt. Ellenben Sermain és Arnold vizsgálatai szerint a zselatinában nevelt kulturákra e sugaraknak semmi hatásuk nem volt.

\*

A vázolt megfigyelések bizonyítják, hogy a laboratóriumok zavartalan csendjében fejlődő ismeretek általában oly eredményeket érlelnek meg, a melyek az emberiség javát és boldogulását előmozdítani hivatottak. Ki hitte volna akkor, a mikor Gassiot és követői a ritkított levegőjű csövekben való elektromos kisüléseket tanulmányozni kezdették, hogy ezek a vizsgálatok végső eredményeikben keresztül fognak világítani az emberi testen, megmutatván az orvos éles szemének a testben levő természetellenes elváltozásokat; hogy az elektromos sugárzások az emberiség legfélelmetesebb ellenségeivel, a betegséget okozó baktériumokkal fogják a sikerrel kecsegtető harcot fölvenni! Bár ezen a téren még sok a tennivaló, még sok szorgalmas megfigyelés és beható vizsgálódás szükséges, hogy a fáradtság gyümölcsei megérjenek: az út nyitva áll s az emberiségnek az igazság után való olthatatlan szomjúsága biztosítékot nyújt arra nézve, hogy ezt az utat sikerrel fogják követni.

DR. BOZÓKY ENDRE.

## A Kárpátok szerkezete és alakulása.

Az 1903-ik évben nagyszabású geologiai munka jelent meg több osztrák geologus tollából, a mely Ausztria földjének szerkezetével és képével a tudomány mai állásán foglalkozik. A geologiai térképekkel, szelvényekkel és ábrákkal gazdagon fölszerelt munka, »Bau und Bild Oesterreichs«, négy nagy részben, ugyanannyi szerzőtől, Ausztria földjének változatosságáról nyújt áttekinthető képet. Harmadik része, melynek szerzője Uhlig Viktor, a bécsi egyetem geologia-tanára, Suess tanítványa és utóda, »Bau und Bild der Karpathen« címet visel és a Kárpátok egész vonulatának geológiájával foglalkozik. Mivel azonban a Kárpátok legnagyobb része hazánk területére esik, a tudós szerző voltaképpen a »Bau u. Bild Oesterreichs« általános címen hazánk egy nagy részének földtani viszonyait is tárgyalja. A politikai szempontot számon kívül hagyva, a tudomány szempontjából mindenesetre megokolt Uhlig eljárása, mert a Kárpátok csupán osztrák részének, illetőleg morva-galicziai szegélyének tárgyalása semmiesetre sem nyújthatott volna hű képet a Kárpátok valódi szerkezetéről.

Említsük meg, hogy a Kárpátok legnagyobb részének geologiai fölvételét 1869-ig valóban a bécsi geologusok végezték és Uhlig még később is főmunkása volt e fölvételeknek; épen ezért senki olyan alaposan nem szólhatott volna

a kérdéshez, mint ő maga. E szempontból bele kell nyugodnunk, hogy osztrák és nem magyar geologus írta meg először összefoglalóan a Kárpátok geológiáját.

Ismerkedjünk meg Uhlig-nak a Kárpátok geológiájáról írott munkájával.

\*

Az általános bevezetésben a Kárpátok vonulását, az Alpesekekhez való csatlakozását, a magasság és vízfolyás viszonyait vázolja és végül geohistóriai alapon a Kárpátok geotektonikai taglalását adja. Kivülről befelé a Kárpátok nagy íve szerinte a következő övekre osztható :

1. A kárpáti homokkő külső övére ;
2. A belső övekre a következő tagokkal:
  - a) a szirtövre ;
  - b) a maghegységek övére ;
  - c) a belső övre, hova a Vjjeport és a Szepesgömöri érczhegységet számítja ;
3. a vulkáni hegységek belső keretére.

A belső idősebb hegységek közül csupán csak a szirtövet jellemzi a folytonosság. A maghegységek öve és a belső öv kelet felé csak a Hernád vonaláig követhető ; itt megszakadt a folytatás és csupán a Zempléni sziget-hegység maradt a felületen fennakadva.

Ezután áttér a Kárpátok ez övei földtani összetételének tárgyalására, melyből csak a fontosabbakat fogom részletesen elősorolni.

### Az őshegység és a palaeozói képződmények.

Az archaei tömegek az alaposzlopokat alkotják. Ezekre támaszkodnak vagy eredetileg törmelékes, vagy eruptív eredetű, de később átalakult kőzetek, még pedig oly szorosán, hogy az őshegységtől általánosan és pontosan még nem különíthetők el. Csak a kövülettartalmú carbont sikerült itt ott különválasztani. Ez okból Uhlig szerint az archaicumot, a metamorf kristályos palákat és a palaeozói képződményeket — a perm kivételével — együttesen kell tekintetbe vennünk. Eddigi vizsgálataink azonban nagyon elavultak már és új mikroszkópi vizsgálatokra van szükség — főleg a Nyugati Kárpátokban, hol a bécsi geológusok dolgoztak. Erdélyben Inkey, Schafarzik, Mravec és mások vizsgálatai vezettek a kristályos palakőzetek behatóbb taglalására. Inkey gránitos gnájszai eruptív természetűek, tehát az I. vagy legelső csoportból kimeradnak és így Mravec-kel csak két csoport van, ú. m. a) a valódi őshegység, mely erősen kristályos gnájszokból, csillámpalákból, granulitból és amfibolpalákból áll, és b) a metamorf palák csoportja, minők az amfibol-, epidot-, chlorit-, sericit-, talk- és grafitpalák, a melyekhez másodlagos gnájszok, kvarczitok és kristályos mészkövek is járulnak. Mind ezeknek geológiai kora bizonytalan még.

A *Nyugati és Központi Kárpátok őshegységei és kristályos palái* szigethegységek magvaiként sorakoznak az általános csapás irányában. Megkülönböztethető egy külső és egy belső sor. Az elsőhöz tartoznak: 1. a Kis-Kárpátok, 2. az Inovecz, 3. a Szuchy és Mala-Magura, 4. a Zjár, 5. Mincsov és Tátra-Kriván, 6. a Tátra; az utóbbihoz ellenben: 7. a Tribecs, 8. a Selmecezi sziget, 9. a Lubochna-völgyi hegység, 10. az Alacsony-Tátra. Ezekhez csatlakoznak kelet felé: 11. a

Branyiszko, 12. a Zempléni szigethegység. Mindezeket röviden maghegységeknek (Krongebirge) nevezi. Ezekkel szemben 13. a Vjedor és Szepes-gömöri érczhegység 130 km hosszú és 40 km széles hegytömeget (massiv) alkot, mely az Alpeselek központi övéhez hasonlítható leginkább és az ősi alaphegység belső szerkezetébe legjobb betekintést is nyújt.

Igazi archaicum található a gránit mellett a Magas-Tátrában, a Mincsov, a Szuchy és Mala-Magura hegységekben; a Vjedorban, Inoveczben és az Alacsony-Tátrában csekélyebb kiterjedésű.

A *Nyugati- és Központi-Kárpátok gránittömzsei* rendszeren hosszúra nyúlt magvak. Ásványos összetételük változik. A Tribecsben a gránit helyett Schafarzik szerint durvaszemű kvarcdiorit fordul elő. A gránitnak úgynevezett szegélyfaciesét, t. i. a párvonalas szerkezetet, a nyújtóztatást, nem világos palásságot, a chloritosodást és epidotosodást a Tátra tömzsének északi peremén találták. Aplitos és pegmatites telérek itt-ott átjárják a kőzetet, sőt kvarcdioritos részletek is ki-kiváltak bennök. Déli peremén gránitos telepteléreknek sűrű hálózata hatja át a kristályos palákat és a gránitot is, a Felkai-völgyben gránátokkal (gránáttal). A Mala-Magurában gránitteleptelérek sűrű hálózata hatja át a finom pikkelyes gnájszt. Sok közülök sugarasan nagy gránittömzsbe fut össze. A vastagabb telérek gyakran pegmatitosak. Az apophysisekben középtűt kvarcz, a széleken földpát vált ki.

A nagyobb gránittömzsek szemecskés szöveteiket megtartották; csak a peremükön mutatkozik a palásság nyoma.

Contactmetamorphismus a gránittömzsekkel való érintkezés helyén nem mutatkozik, vagy legalább eddigelé még nem figyelték meg.

A gránit több ponton aranyat is hord; a Kis-Kárpátokban például Limbachnál,

az Alacsony-Tátrában Bóczánál arany-tartalmú kvarcztelérek hatják át a gránitot. A Mala-Magura diluviális kavicsa is hord aranyat. Még most is bányászszak Magurkán a híres arany- és ezüsttartalmú kvarczteléreket.

A Tátra gránitjának meredek és vad sziklaalakzatai az egykori glecserek következményei. Glecsertől mentes helyeken a gránit is lapos kúpformákban jelenkezik.

A gránit kora nem bizonyos; csak annyit lehet tudni, hogy permelőtti, mint-hogy a Verrucano átnyúlik a grániton és alapján már gránitból álló konglomerát van.

*Carbon-systema.* Kövületekkel bebizonyított carbonkori rétegek Dobsina vidékén vannak. Egyes növényi maradványokon kívül Semireticulatus productusok, nagy Spiriferák, Strophomenák, Chonetesek, Streptorynchusok, Discinák, több kagyló, Crinoideák és egy trilobita (Griffithides dobsinensis *Illés*) kerültek elő. Közlebbi meghatározásuk kérdéses még. A Zempléni hegységben Nagy-Toronyánál növény-maradványok fordulnak elő (Stúr szerint Asterophyllites és Pecopteris fajok).

A dobsinai carbonkőzetek alig metamorfok; de a Szepesi érczhegység északi peremén jelenkező vörös és zöld grauvakke-konglomerátok és sötétvörös palák már erősen átalakultak. Krompachnál a vékonylemezes zöld és vöröses palákon a sericités fény leginkább feltűnik. *Az érczhordó rétegsor* (Hauer F. *devonja*) a Voleveci tömzsben (a Szepes-gömöri érczhegység északi szegélye) a carbon, érczben gazdag palaövre települ. Ezt Uhlig ércztartalmú csoportnak nevezi. Benne két fő kőzettípus fordul elő; törmelékes metamorf és eruptív metamorf kőzetek. Uralkodók különböző színű, fehér, szürke, zöldes, sőt fekete sericités palák és kvarczitok, továbbá szürke grau-

vakke-gnájssok. Voit Dobsinánál egy kvarciban gazdag és egy chloritos-talkos változatot különböztetett meg. Közéjük települve fénytelen, tömör, többnyire tökéletlenül palás zöldkövek fordulnak elő, melyek sokszor még porfirios szövetre emlékeztetnek. Egy holokristályos mélységbeli kőzet is csatlakozik ezekhez, melyet Posewitz és Roth S. dobsinai kvarczioritnak határozott meg és mely a zöldkőpalába megy át. Még erősebben vannak itt kiképződve a porfirpalák. A Rozsnyó mellett fekvő Csucsomi völgynek több mint 1 km<sup>2</sup>-nyi tömegét Schafarzik kvarcporfirnak ismerte föl. Mások kataklasztikus szövetű palás kőzetekké vannak elváltozva, úgynevezett porfiroiddá, mint pl. az Ivágyó és a Bányoldalhegyek kőzetei Rozsnyónál. Valószínű, hogy Stúr-nak úgynevezett Kárpáti gnájssza, porfirdad agyagpalája és szemecskés grauvakkéja (a Garam völgyében) szintén idetartozik.

Hauer F. ezt a kőzetcsoportot a devonba sorolta; de valószínű, hogy benne az egész palaeozoicum képviselve van, egyelőre azonban nincs módunkban részletesebb osztályozást megkísérteni benne.

A perm előtti őshegységben tehát négy főkőzetcsoport van, úgymint:

1. Carbonkori gyengén metamorf konglomerát, vörös és zöld, kissé fénylő palák, ritkábban homokkő és mészkő.
2. Érczhordó rétegsor, mely porfiroidokból és zöldpalákból áll.
3. Metamorf kvarczitok, sericitpalák, kristályos mészkövek, amfibol- és chloritpalák.
4. A valódi őshegység. És mindezekben a granitintrusiók.

*A Keleti Kárpátok perm előtti hegységei* a Nyugoti Kárpátok kristályos magvaitól abban térnek el, hogy a Tisza forrásaitól kezdve a Vaskapuig csaknem szakadatlan központi lánczot alkotnak. Csak a lesüppedt Persányi hegységben

van megszakadás, de a csillámpala nyomai Veniczenél itt is megvannak.

A Keleti Kárpátok tömegéhez szorosan csatlakozik a Rodnai havasok törzse, a honnan kristályos palaszigetek vonulnak a Biharhegység tömegéhez. Az igazi őshegység e helyütt sokkal kisebb tért foglal, mint a törmelékes metamorf kőzetek. Pošepny már 1865-ben kimondotta volt, hogy a Rodnai havasok kristályos mészkövei és palái egy ősi üledékformáció átalakulásának termékei és 1868-ban »Basturnai formatio« nevet ajánlott számukra. Paul K. később fölvetette azt a kérdést, hogy a bukovinai palák nem metamorf egyértékűek-e a podóliai silurnak? Walter rámutatott Bukovina mangénércztelepeinek a Rajnai palahegység devoni kovapaláihoz való hasonlóságára.

Mrasec L. 1895-ben az oláh Zsily kvarczkonglomerátjait, sötét homokköveit, grafitpaláját, anthracitját és világosszürke sericitpaláit a carbonhoz számította. Hasonló kőzetek realgárral és szenes kovapalák Sarul Dornánál (Bukovina-Moldva határán) ismeretesek és úgy látszik, (Athanasiu szerint) a Keleti Kárpátokban is meglehetősen elvannak terjedve.

A metamorfpalák főtömege sericitkvarczitek, gnájszszerű sericitpalák, chlorit-, amfibol-, epidot- és talkpalák, kristályos meszek és mészkőpalák váltakozásából áll, a melyek a Déli Kárpátok valódi őshegységéhez discordansan és transgrediálón viselkednek.

A kristályos palák felső csoportja, a Nyugoti Kárpátokkal szemben, a kristályos mészkövek, zöld amfibol-, epidot- és chloritpalák rendkívül vastag kifejlődésével tűnik fel. A román geológusok egyenesen a zöld palák csoportjának nevezik és a Központi Alpések palaburkolatához hasonlítják. A Nyugoti Kárpátokhoz való viszonyuk a porfiroidok je-

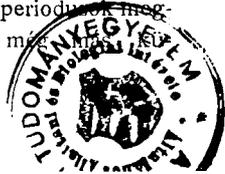
lenlétével tűnik ki. Peters már 1861-ben mutatta ki őket a Biharhegységben, Athanasiu a moldvai Pietroson, Nopcsa Fer. báró Déva vidékén. De Bukovinában és a Gyergyói havasokban is megvannak.

A valódi archaicum a Keleti és Déli Kárpátokban gnájszból, csillámpalából, cordieritgnájszból, földpátban gazdag amfibolpalákból és néhány helyen kristályos mészkőből is álls a Fogarasi havasokban, valamint a Bihar hegytömegben is, erősebben ki van fejlődve, mint a Keleti Kárpátokban. Gránittörmzsek a Keleti és Déli Kárpátokban nagyon hátraszorulnak. A Déli Kárpátok elszórt apró gránittörmzsei többnyire palás szövetet öltöttek; csak a legbelső magvak szemcsés szövetűek. A Keleti Kárpátokban — úgy látszik — valódi szemcsés gránitok teljesen hiányoznak. Helyettök elacolithsyenit jelenkezik.

#### A perm-mesozói rétegsorozat.

A perm vörhenyes kvarczhomokkövei és konglomerátjai új epochát nyitnak meg, melyet meszes-dolomitos mesozói képződmények követnek az alsó és középkrétaig bezárólag. Uhligezeknek összességében is egy nagy geológiai egységet szemlél. E képződmények tátraalji (subtatrikus) kifejlődése középtértekben 1200 m-re becsülhető, magastárai kifejlődése pedig csak 800 m-t tehet. És a rétegsorozat ez aránylag csekély összvastagsága ellenére erősen gyúrt és redőzött. Még vékonyabb ez a rétegsorozat és kevésbé redőzött a Keleti Kárpátokban.

Igen fontos a Nyugoti és Keleti Kárpátokban való ellentétes kifejlődésük. A Nyugoti és Központi Kárpátokban a perm-től a felső kréta alapjáig szakadatlan, folytonos a település rendje általában véve, a Keleti Kárpátokban ellenben igen hézagos a rétegsorozat és leülepedéseket ismételt denudatio-periodusok megszakították. E mellett m



lönbségek is mutatkoznak az üledékekben.

A triasz és a jura kifejlődésében a Nyugoti Kárpátokon belül négy facies-területet kell felvennünk, ú. m.

a) a maghegységek területén uralkodó tátraaljai faciest,

b) ezeken belül szigetekként előforduló magastárai faciest,

c) a külső szegélyeken hozzájuk simuló szirtfaciest és

d) a belső szegélyeken a belső kárpáti faciest.

a) A *tátraaljai* üledéksorozat vörhenyes, jól rétegezett kvarczhomokkővel kezdődik. Alapján több helyen gránitgörgetgeből álló alapi konglomerát található. Teteje felé vörös palák és csillámban gazdag homokkövek a werfeni palákba való átmenetelt képviselik. Kövületek teljes hiánya geologiai korának biztos megállapítását lehetetlenné teszi; de a képződmények analógiák alapján mégis a permbe sorolhatók.

A triasz a tátraaljai területeken háromtagú képződménynek bizonyodott, a mennyiben alant werfeni palák, középi hatalmas mészkövek és dolomitok és legfelül tarka keuper és kösseni rétegek vannak.

A liasz kezdetén a meszes üledékeket ismét törmelékesek, mint szürke homokkövek és feketés palák szorítják ki; a beléjük zárt kövületek, mint *Gryphaea arcuata*, *Cardiniák* stb. alsó liaszkorra utalnak. A Tátrának Tomanova havasán a rétegek gazdag szárazföldi flórát és szénnyomokat is zárnak magukba, a mi a gresteni rétegekkel való azonos voltuk mellett szól. A többi maghegységben mind több és több crinoid-nyéltagot tartalmaznak már, annyira, hogy végre szürke homokos crinoidmészbe mennek át. A Zjár hegységben kimutatott hierlatz-mészkő valószínűleg nem más, mint ugyanilyen crinoidmészkő tele brachiopodákkal.

A gresteni rétegek fölött a dias, dogger, malm és neocom emeletek a tátraaljai területen mind a foltos mészkő és márga egyhangú faciesében vannak kifejlődve. Ezekben csak szórványosan találtak kövületeket, melyek főleg az alsó liasz legfelső szintájára, a felső liaszra és a tithonra utalnak; de, mivel a rétegsorozatban valami megszakításnak sehol nyoma nincs: kell, hogy az alsó liasztól a neocomig benne legyen minden szintáj. Mégis akadnak egyes biztosabb támaszpontok is a szétválasztásra, mint pl. a Tátrában a felsőliasz vörös, vasban gazdag szarúköves mészköve és crinoidmesze, a Tátrakriván és a Lubochna hegységben a tithoni vörös és zöld aptychusmészkő, a Suchi, Mala-Magura, Zjár és Facskői hegységekben a világos színű, hasadékos tithoni mészkövek.

A tithoni foltos márgák világos határ nélkül mennek át a neocomba. Fölfelé világos színű meddő dolomitba mennek át ezek, melyet Chocs- vagy kárpáti dolomitnak szokás nevezni. Ez a tátraalji réteggiképződésnek legfeltűnőbb jelensége, mert külső megjelenésében nagyon hasonlít a triász dolomitokhoz. A Keleti Tátrában azonban ezt a dolomitot részben világosszínű, durvapados, bitumenes mészkő helyettesíti, melyet a benne talált Caprotina maradványok alapján a krétának Aptien és Albien emeleteibe kell sorozni.

b) A *magastárai facies* főképen a Tátra, de más maghegységeknek is (Kis-Kárpátok, Inovecz, Tribecs, Mincsov és Alacsony-Tátra) legmagasabb központi részeiben kisebb-nagyobb szigetenként van elterjedve. Ennek a lényege az, hogy benne a triászüledékek vagy nagyon szegényesen, vagy egyáltalában nincsenek kiképződve. Második ismertető jelleme, hogy benne a liasz és a jura csupán csak egyhangú mészkövekből áll, melyek külső megjelenésökben az Alpesek triász-mész-

köveihez hasonlítanak, de több szintájokban határozottan liasz-, barna jura- és tithoni kövületeket hordanak és lefelé a gresteni rétegekbe mennek át. Érdekes, hogy a Kis-Kárpátokban e mészkő vékonyréteggé válik, sőt palás szerkezetet is ölthet, mely a Máriavölgyben még fedőpalába is átmegy. Ebben erősen lapított és elnyújtott ammoniteseket találunk, a mi erős dynamometamorph hatásokra enged következtetni.

A facieskülönbségek okát mindenestre abban kell keresni, hogy az egyidejű üledékek különböző tengermélységekben keletkeztek. A radiolariákban gazdag tátraalji kőzetek bizonyára nagyobb mélységekben ülepedtek le, mint a magastárai, részben koráltartalmú crinoidás mészkövek.

c) A *szirtöv* üledékei, mint keskeny szegély húzódnak végig a tátraaljai régiónak külső peremén és bizonyos közös vonásaik is vannak. Így tátraalji kifejlődése van ezekben is a tarka keupernek és a kösseni rétegeknek. A kagylómésznek sötétszínű szarúkömeszei (Beczónál p.) már észrevehetőleg távoznak a tátraalji típustól, de csupán a szirtövekre szorítkoznak a világos színű karniai mészkővel (*Amphicyclina amoena*-val). A liasz és alsó dogger kőzetei a tátraalji foltos márgákhoz közelítenek, de agyagosabbak és kövületekben jóval dúsabbak. A közép doggerben és malmban az üledékek sora a Kárpátok területén másutt sehol sem jelenik meg ily formában, t. i. majd fehér, majd vörös crinoidás meszek, számos ammonittel és brachiopodával, föl a tithonemeletig. Mellettök azonban a meddő szarúkömész faciese is meg-megjelenik, átmenetekkel a kövületekben gazdag faciesbe. Valószínű, hogy a szarúkömész faciese a belső Kárpátoknak mesozói tengerpartja hosszában mélyebb övekben, a kövületes mészkövek ellenben a sekélyebb háta-

kon és az egykori part közelében ülepedtek volt le.

d) A *belső kárpáti facies* hatalmas kövületes werfeni palákkal kezdődik, melyekre az egész triász tisztán mészkövek alakjában rakódik. Ezekben kevés a kövület, de a rétegek leülepedése egyenesen csendesnek látszik. A dernői crinoidás mészkő leggazdagabb még kövületekben, a murányi mészfensíkon pedig nagy dachstein-megalodusok gyakoriak. Tarka keuper teljesen hiányzik; helyette keleti alpesi típussal bíró mészkövek mutatkoznak. Jura a belső övben csekély szerepet játszik. A példának felhozott szalonnai liaszpala, melyet porfir tör keresztül, Koch Antal tapasztalatai\* alapján a werfeni palához számítandó.

A *Keleti Kárpátok területén* a perm-mesozói rétegsor hasonlóképpen a kristályos palákon discordansan nyugvó, körülbelül 20 m vastag verrucano-kvarcckonglomeráttal és homokkővel kezdődik. Fölfelé azonban átmegy rosszul rétegezett szürke dolomitba (Verrucanodolomit), mely messze követhető. Ebben nincsenek világos kövületek.

Fölötte vörös palák homokkővel, sötétvörös színű jászpisz és vaskovapadocskákkal, melyekben helyenként *Natica costata*, *Myophoria costata*, *Pseudomonotis cf. angulosa* és *Turbo rectecostatus* található (werfeni palák). A vörös jászpisz és vaskova valódi radiolaria-üledékek. Ez a nem vastag rétegcsoport fölfelé átmegy feketés palákba és szürke csillámos homokkőbe. Ezek felett gyéren elszórva és elszigetelve felső triász mészkőrögök területnek el. Némelyik hatalmas görgeteg-köpenyeggel van körülburkolva és így kétségtelen, hogy valóságos szigetszirtek, mint pl. a Kimpolungnál a Valea mare-

\* Koch A., A Rudbánya-szt. Andrási hegyvonulat geológiai viszonyai. Math. és Term. tud. Értesítő XXII. k. 1904. 132 l.

ban levő, czukorsüveg alakú halobia-mészköszirt.

A *Persányi hegységben* a werfeni pala és kagylómész valamivel vastagabb ugyan, de kiképződésében mégis lényegesen eltér az alsó triászhoz szokott képétől. Bázikus eruptiók (melafir) kísérik a Keleti Kárpátok triászüledékeit.

A leülepedés első, biztosan megállapított megszakadása a liász kezdetén ment végbe. Egy rövid tartamú kontinentális korszak állott be, mely alatt az addig lerakódó triászrétegek először voltak kitéve romboló hatásoknak. A Barcaságban nyomult be ismét a tenger és lerakta a parti jellemű gresteni rétegeket. A kristályos palák szétrombolásából konglomerátok, homokkövek és palás agyagok keletkeztek, melyek közvetlenül a kristályos palára rakódtak (Holbák és Volkánynál). Széntelegek és szárazföldi növények elárulják a szárazföld közellétét. De a tengeri hatás növekedik, mert mindjárt a széntelegek fölött mészkőpadok *Cardiniákkal* és más tengeri kagylókkal, *Belemnitekkel* és *Brachiopodákkal* következnek. A liásztenger tovább terjed észak felé az ammonitben gazdag adnethi mészkő (ürmösi Töppé és Nagybagymás) tanúsága szerint. Kimpolungnál a Valea sacában az alsó liász felső emelete, az ammonites vörös gumós mészkő a jászpisztrétegeken fekszik, tehát erős denudatio előzte meg leülepedését. Most még erősebb denudatiós fázis következett, mely az alsó liásztakarónak legnagyobb részét ismét eltávolíthatta és ez északra Erdélyben és Bukovinában az alsóoolith időszakáig tartott. A Barcaságban azonban már a felső liász korában benyomulhatott a tenger, mert igen csilámos meszes homokkő *Harporceras bifrons*-szal és más ammonittel, meg belemnittel üledett le. De mivel elterjedésük egymástól független, a felső liásztengernek vissza kellett húzódnia, hogy az

alsóoolith korszakban újra elfoglalja a területet.

A *barna jura* transgressiója az egész Keleti Kárpátokra kiterjedett, mert denudatio-maradványai (részint homokos, részint agyagos, néha kissé meszes, de mindig csillámban gazdag üledékek) az egész területen el vannak szórva. Legalább két szintje ismeretes: *a)* az alsó a felső Bajociennek, *b)* a felső a Bathoniennek (Klaus rétegek) felel meg. Transgressív természetüket számos észlelet bizonyítja. Kiserénél, a Zadánypatakban és Piatra Niczanán meszes, homokos, ammonites és belemnites tartalmú barna jura rétegek közvetlenül a Verrucanón fekszenek; a Bucsecsen közvetlenül a kristályos palákon. Az Izvor albában Kimpolungnál a sphaeroceras tartalmú barnajura hatalmas konglomerátot foglal magába, mely a feketés triászrétegeknek homokkődarabjait zárja magába.

A doggernek elterjedéséből és a malmhoz való viszonyából északra Erdélyben és Bukovinában a dogger és a malm között is egy denudatiós korszakra lehet következtetni. A Barcaságban azonban a barna jura és a malm közé a kelloway is közbe lévén ígátva: itten a tengerelborítás nem lehetett megszakítva.

A Nagybagymás-hegységben a tithonmészkő alatt acanthicus-rétegek discordansan fekszenek a doggeren, liáson és triáson. Itt tehát egy malmkori transgressiót kell föltételeznünk.

Az egész Keleti Kárpátokban a tithonoly szoros kapcsolatban van a neocomcaprotina-mésszel, hogy közöttök nehéz határt vonni. Itt tehát a felső jurakortól kezdve szakadatlanul — az urgonaptien korszakig — tenger fődte a területet.

A *Keleti Kárpátok és az orientalis szárazföld*. A balkáni mesozoicum sok tekintetben a kelet-kárpátihoz hasonlít. Ez okból némileg jogosult Uhlig-nak az a véleménye, hogy nem az Alsó-Dunától,

hanem már a Tisza forrásainál kezdődik az új hegyrendszer-típus, mely a Nyugoti Kárpátokétól lényegesen különbözik. A Keleti és Déli Kárpátokban, valamint a Balkánban is, a tithon és a neocom korszakai jelzik a tenger uralmának a tetőpontját.

M o j s i s o v i c s nagy éleslátással fölismerte azt a ellentétet a folytonos mesozói rétegsorozatban, mely egyrészt Bosznia-Hercegovinában, másrészt a keletnek határos Délmagyarország, Szerbia és a Rhodope-hegység területein mutatkozik. U h l i g most hozzáteheti, hogy az ellentét sokkal nagyobb területekre terjed, mert ide tartoznak még az összes Keleti Kárpátok és a Balkán is, hol a tenger többször felváltva visszavonult és ismét elfödte azt. Valóságos mesozói szárazföldről tehát nem lehet itten szó, csak olyan területről, mely felváltva volt száraz és tenger alatt.

\*

A IV—XI. szakaszt elhagyva, áttérünk az utolsó (XII) szakaszra, mely a *Kárpátok geológiai kialakulását* adja.

*Az első gyűrődés fázisa.* A Kárpátok belső övében találunk egy darabot a Variszka-Kárpátokból, melyben a carbonkori és a carbon előtti kőzetek egynemű, isoklinális déli dűléssel jelenkeznek. A hatalmas eugranitos intrusiók azokon belül a perm előtti időből valók és valószínűleg már akkor (a permben) magas területeket alkottak, szintúgy perm előtti a metamorf palák és tömegkőzetek (porfiroidok) is. Csak a carbon bizonyos; a többi palaeozói üledékek még behatóbb vizsgálatra szorulnak.

*A második és harmadik gyűrődés fázisa.* A felső kréta és az eocén viselkedéséből a maghegységek burkolatán belül következtethető, hogy a felső kréta leülepedése előtt és utána történtek a maghegységek második és harmadik felgyűrődései.

A belső övben a 2-dik és 3-dik gyűrődési fázis csak töréseket idézett elő, néha az egész hegységnek pajzsszerű fölemelkedését is; de a maghegységek belső sorában kúpforma részarányos kiemelkedések, a mesozói burkolatnak kétfelől való leesésével jöttek létre; külső sorokban végre erősen felgyűrődött egyoldali kiemelkedések keletkeztek. A 2-dik gyűrődési fázis végre a külső peremen még a szirtvonalakat is létrehozta. A gyűrődés és kiemelkedés a belső övtől a külső hegységsorok felé fokozatosan növekedik, innen pedig a szirtövig rögtön alább hagy.

A külső sor összes maghegységeinek geológiai alapszerkezete egyforma. A mesozói rétegek ferde redőkben, vagyis pikkelyekben a magtól kifelé, tehát É vagy ÉNy felé dűlnek. A főredők legnagyobb száma négy. Váltósíkok (Wechselflächen) választják el az egyes pikkelyeket egymástól. A mag tömege mindig a legmagasabbra fölboltozott antiklinale és csak ennek kerületében bukkan elő a perm kvarczit, de a triasz főképen hozzá csatlakozik. Kifelé a redővetés ereje fogy, úgy hogy a legkülső pikkely (vagy redő) végre elsimul. Így tehát a központi magvak csakugyan központjai is a felgyűrődéseknek. A belső, vagyis a DK-nek forduló oldal kivétel nélkül törési szegélyt tüntet föl és a következő belsőbb maghegységnek ellaposodó redője hozzá simul. A Kárpátok kiemelkedéseinek ez az egyoldalúsága azonban csakis a külső sor maghegységeinek a sajátja. A maghegységek tehát nem szakadatlan emelkedési vonalakban fekszenek, hanem csak helyi területek övében. Csak a Tátra-Kriván és a Magas-Tátra fekszenek egy emelkedési vonalban. Sokkal messzebb követhetők a belső perem törésvonalai és azért ezek tekinthetők a belső Kárpátok legjelentősebb vezérlő vonalainak (Leitlinien.)

A középeocénben visszatérő tenger — a rövid szárazföldi periodus után — már az itt vázolt tektonikai állapotot találta. A központi magvak gránitja már szárazföld volt; azon nyugszik a Tátrában a középeocén parti konglomerát. A szirtvonulattól délre eső lapos teknőkben az ó-harmadkori rétegek laposan, sőt vízszintesen is fekvők; az ifjabb hegnyomások tehát a Kárpátok belső öveit nem gyúrték már föl.

*A maghegységek keletkezése. Összehasonlítás a Keleti Kárpátokkal.* A természeti viszonyok nem szólnak a mellett, hogy keletkezésök délről ható egyoldalú nyomásból megmagyarázható volna. Efféle nyomás mindenképpől összenyomta volna a belső övet, úgy hogy a gyűrődés övei összeértek volna és — miként az Alpesekben — hosszúra elnyúló alakot öltöttek volna. E helyett azonban a belső öv lapos pajzsformában mutatkozik és széles kismulásból eredő övek fordulnak elő a külső és belső maghegységek között; a gyűrődött kiemelkedés ellenben csak kerületkezes vagy kerekded tömegekre szorítkozik: a mit délről vagy északról jövő egyoldalú nyomásból sehogy sem lehet kimagyarázni.

Ha csak az összehúzóadás elméletére támaszkodunk, rendelkezhetünk egy mindenfelé ható érintői nyomással, mely a boltozat feszüléséhez hasonló. Ebből tehát könnyebben kimagyarázhatók a meglévő viszonyok, különösen a nagyobb pajzszerű hegytömegek kiemelkedése és összefüggése.

Nagyobb nehézséggel jár a maghegységek képződésének kimagyarázása. Geológiai szerkezetükből az olvasható ki, hogy csak úgy jöhettek létre, ha a központi magvak egész terjedelmükben, szerkezetüknek részben való megtartásával, kiemelkedtek és ugyanakkor a mesozói takaró É és Ny felől a központi magvak felé nyomult. A központi magvak magas-

tátrai részletei erősebben ki voltak emelve és a triasz hiánya miatt, és talán az alsó krétáé miatt is, kevésbé voltak megterhelve, mint a tátraalji övek. Ezért az érintői nyomás szülte kiemelkedés leginkább a központi magvakra hatott, mivel itt kisebb lehetett az ellenállás. A központi magvak tehát egészükben kiemelkedtek és ezzel a felettök kiterülő magastátrai takaróban nyújtást és húzást idéztek elő. Ezzel járt helyenkénti metamorfizálásuk is. A központi magvak fölnyomulása végre a mesozói takaró megszakadására vezetett. Ha ez a megszakadás a központi mag tetején történt, akkor a belső maghegységek szimmetriás szerkezete keletkezett. Ha a megszakadás a belső szélén ment végbe, úgy a külső maghegységek egyoldalú szerkezete jött létre. A mesozói takarót érő húzás a központi magvak közvetlen kerületében is érvényesült, azt eredményezvén, hogy a belső oldalon való szakadások messze elvonulhattak és így a vezérlő vonalaknak különös neme keletkezhetett. Ily módon Uhlig folytatólag kimagyarázza a súlyuknál fogva lefelé törekvő mesozói takarókban végbement redővetéseket is; de, mint hogy ez a magyarázata rendkívül bonyolult és merész, ebben tovább nem követjük.

A *Keleti Kárpátok* öshegysége általában véve gyengébb redővetésnek és erősebb kiemelkedésnek a területe. A gyűrődés nagyobb fokozatai tekintetében csak nyugoti Erdély és medenczéje jöhetne szóba; egyébként Máramarostól kezdve Oláhországig ugyanazok a viszonyok uralkodnak.

Az öshegység itten közvetlenül a szirtvonulat vezérvonalában emelkedik, belső peremén és a nagy szegélyteknő hosszában is nagy törési vonallal. Az alaphegységnek kifelé dülésével kapcsolatos hihetőleg az a tény is, hogy a redővetés a külső peremhez közel hagyta

hátra legerősebb nyomait. Itten hiányoznak azok a hatalmas gránittömszök, melyek a Nyugoti Kárpátokban uralkodnak. Talán az ő hiányok okozta, hogy ez alaphegységek kevésbé emeltettek ki s itt a gránit hypabyssikus szerepe jöhetne tekintetbe.

*A negyedik és ötödik gyűrődés fázisa.*

A homokkő övön belül a 2-dik és 3-dik gyűrődés fázisa az északi tithoni és alsókréta szirteket és szigetivet hozta létre. A homokkő övnek főredővetése az oligocénkornak végén ment végbe, több párvonalos redővonulatot alkotva, de úgy, hogy nagyban egy óriási synclinoriumot alkotnak. A Kárpátok belsejében ugyanez időben lerakódott ó-harmadkori rétegek, azokkal szemben a maghegységek oltalmában, nem vettek részt a gyűrődésben.

A geosynclinale redői a szirtövek merev töltésén megtorlódtak, a Kárpátok belső övében leülepedő rétegek pedig összetoredeztek, főképen a régi törésvonalakon, melyek némelyein melegforrások, vagy ásványforrások törnek fel. A Kárpátok déli oldalán a nagyobb törésvonalakon a miocénkorban hatalmas eruptív tömegek nyomultak föl, nem mint a redővetés kiegészítői, hanem nagy süppedés következtében, mert nemcsak a mészkőlánczolatok, hanem a homokkő öv is redőzve volt már, mikor a főkitörések végbementek.

A negyedik gyűrődés fázisa alatt a redőzött homokkő övnek külső peremén új geosynclinalis süppedés képződik, a kárpátalji süppedés egyesül a subpodoliaival és a Kárpát-tenger ismét kijebb tolódik. A miocén tenger először sekély volt, s parti lagunáiban leülepedett a kősó. Erre a második mediterrán emeletnek ten-

gerszine ismét emelkedett és belenyúlt a redőzött homokkő öv öbleibe, kövületben gazdag, néhol széntartalmú rétegeket lerakva. Ezek a transgredáló üledékek a homokkő öv öbleiben lapos, vagy vízszintes településüket megtartották, sőt maguk is résztvettek még a gyűrődésben, az alattuk terülő sóüledékekkel együtt; de még tovább kifelé ezek is ellaposodnak. Az ifjabb miocén redőzési fázisa tehát, melynek az előtt az összes Kárpátok felgyűrődését tulajdonították volt, csupán a Kárpátok északi peremére szorítkozik.

A miocénkori süppedés keleten szabályosabb, mélyebb és szélesebb volt, mert ott (t. i. Bukovinában, Moldvában és Oláhországban) nem csupán az egykori szegélytöltést érte, hanem a podoliai táblának széleit is, sőt belényomult még a homokkőövbe is.

Csak a Kárpátok legszélő délkeleti sarkán (Romániában) mutatkozik még a pontusi, sőt levantei korszakban is a gyűrődés, melyet a belső törésszálon (Baróth vidékén és a Hargitában) vulkáni kitérések kísértek.

A 4-dik és 5-dik gyűrődés fázisát nem a dél felől ható oldalnyomással, hanem a minden oldalra ható érintői nyomással hozza kapcsolatba Uhlig. Így magyarázza ki azt is, hogy mindenik övnek megvan a maga külön gyűrődési fázisa, mely csupán a geosynclinaléjára szorítkozik és nem hatol bele sem az előtte álló, sem az utána következő övbe. Úgy látszik szerinte, hogy az előtte álló övnek rétegzavara (gyűrődés, szakadás és vetődés) inkább a süppedés következménye, mely az utána következő övnek lassú emelkedésével isostatikai kapcsolatban volt.

Közli: DR. KOCH ANTAL.

## A tenger és róla való ismeretünk.

— Báro Richthofen F.-nak a berlini egyetemen 1904. évi augusztus 3-ikán tartott rektori beszédéből. —

A tenger megismerésére irányuló kutatás szempontjai számosak és szerte ágazók. A legtöbbre nézve bevált az a régi tapasztalat, hogy minél erősebben és tisztábban maga magáért és mellékes tekintetek nélkül művelik a tudományt, annál hamarább nyilvánúlnak váratlan hasznot hajtó vonatkozásai az élet gyakorlati feladataiban.

Alapvetők a további vizsgálatokban azok a szempontok, melyek a tenger térbeli vonatkozásaira és mivoltára, fenekének és partjainak alakulására vonatkoznak.

Lassanként, épen mint a világ képe, fejlődött az óceánról való felfogásunk. Titokkal teljes volt egykoron a tenger azoknak a népeknek, melyek a közelében laktak. Ugy látszott, hogy végtelen a kiterjedése. Igaz, hogy elég korán ismerték az átellenes partokat a Földközi-tengeren; ezt megelőzőleg jó régen fejlődött ki a hajózás Ázsiának déli partjai mentén és később az atlanti partokra is kiterjeszkedett. Merész hajósok távoli szigetekről meséltek, csodálatos termékeikkel és idegen lakosaikkal. Regényes bűbájtól környezve emelkedtek ki a szigetek a vízárból, a melyet magát rideg alakzatok és kedves lények mesés világa népesített be. Ám a mi ezen kívül még távolabb feküdt, azt a spekulációnak és képzeletnek kellett kiegészíteni.

Mikor a mágnesű és az óra használatának lassú fejlődése és a csillagjelenségek alapján biztosított tájékozódás gyors lépéssel rá vezetett a hajózás javítására és a nagyobb vállalkozásra, kevés évszázad folyamán lebbent fel a fátyol a tenger határaitól. Egyes bűvös szigetek helyett nagy kontinensek és nagyobb meg kisebb szigetsoportok kerültek elő. És napjainkban a tenger és föld közt levő határnak vonalas alakján nincs mit többé fölfedezni, kivéven azt a helyet, a hol az örök jég még ismeretlen szárazulatok körül meredez. A homéroszi idők okeánosza, a kék vízár, a melyben a hinduk költői felfogása szerint a dvipák terjeszkednek, a négy világtáj tengerei, melyek a khinaiak hite szerint országokat, a világ közepének virágát körül vették és a melyekben a nyugati hatalmak országai távoli kis szigetként úsznak: a képzeletnek mindezen gyarló alakzatai a valóság elől eltűntek. A rajzolt glóbus matematikai pontossággal tárja elénk a tenger és a száraz föld elrendeződését a földgömbön. Az általános vonásokat megállapították a tengeri fölfedező utak; a pontos, részletes munkában minden polgáriassult állam közreműködött. Az érdem oroszlánrésze Angolországot illeti. A hol még kicsiny vonásokat kell élesebben kialakítani, ott eleendő a mérés egyszerű munkája.

Az ember gyakorlati céljai számára az óceán alakját megszázó elemek közt elegendő volt vízszintes irányú kiterjedésének ismerete, minthogy mozgásai-ban úgyis a víz felszínére szorítkozik. Az átellenes part ismeretével fölfegyverkezve és térképpel a kezében, a mely a felszín körrajzát a legnagyobb részletességgel ábrázolja, a hajós kiszálhatott a tengerre és minden partról minden más partot elérhetett. És ezzel be is érte. A tenger mélysége csak ott került szóba, a hol sekély voltával megnehezítette a hajózást. A mélység általános kiterjedésének megmérése nyilván csak elméleti értékű volt.

Am a mélyebb belátású hajósok, égve a vágytól, hogy az óceán feneketlenségéről vallott felfogás helyett megbízható számértéket tegyenek, gyakran bocsátották le a függő önt. Minthogy azonban a pióm megbízhatósága a mélységben megszűnt, a tengerfenék alakjának ismerete is tökéletlen maradt és olyan felfogás uralkodott e téren, a mely később tévesnek bizonyult. A tudásvágynak a gyakorlati szükség akkor nyújtott segítséget, mikor körülbelül 40 évvel ezelőtt felmerült az a mérés terv, hogy a kontinenseket tenger-alatti kábellel összekössék, és a végpontok közt a talajszelvény alakjának megállapítását parancsolóan követelte. Csakhamar pontosabb módszerek kerültek elő, a melyek a tisztán tudományos célokat követő *Challenger*-expedíciónak a segítségére voltak, hogy a tengeri mélységek mérésének és kutatásának alapját megvessék. Az első kábelvonal nyomán csakhamar más hálózatok keletkeztek. És a munka mai nap annyira befejeződött, hogy számunkra az óceán a bolygónk felszínén levő egybetartozó homorulatoknak víztölteléke csupán, a mely homorulat fenekének alakját általában ismerjük.

A bepillantás e viszonyokba minde-  
nekelőtt hatással volt a tenger külső fel-

szinéről vallott nézetünkre. Azt hihette volna az ember, hogy a tenger felszíni görbülete híven utánozza a forgás-ellipszoid felszínét; ez ellen azonban régóta kifogást emeltek és kísérletet tettek azon deformálódás kiszámítására, mely a tenger felszínét a föléje tornyosuló kontinensek tömegétől okvetetlenül éri. Mihelyt a függő ön alkalmazása biztosabb támasztékot nyújtott az óceán középmélységének kiszámítására, a kísérleteket is megújították és a geodézia megszerezte a bizonyítékot, hogy a Föld valódi alakjának, a geoidnak eltérése a szferoidtól jóval csekélyebb, mint eleinte föltették volt. A feladat ezen felül lassanként alakjában is módosult, a mint a külső földkéregben a tájékok szerint való sűrűségeloszlást illető ismeretek bővültek. Ez ismereteket elősegítette az a körülmény, hogy a *Sternec k*-féle másodperces inga az exact nehézségmeghatározásokat egy csapással megkönnyítette. És ez a módszer jelenleg meglepően tökéletesbül, a mióta Berlin kezdeményezésére magán az óceánon is nehézségi meghatározásokat végeznek. Jóllehet e vizsgálatok még nagyon távol vannak a befejezéstől, de már is igazolták azon következtetéseket, melyeket már *Pratt* indiai méréseiből és *Faye* elméleti okoskodásaiból vont le, hogy a szilárd földkéregben, a felszínén tapasztalható nagy egyenetlenségek ellenére, tájanként egyenetlenség van a tömegeloszlásban, minthogy a kiemelkedő kontinensi tömegek sűrűségi kisebb-értékűségét a súlyedt óceáni talajban a sűrűségbeli nagyobb érték ellensúlyozza.

Ennek belátása legazonnal rávezetett a tenger vizének tartójául szolgáló tektonók lényegéről és történetéről szóló feladat ismételt vizsgálatára. Egyik nevezetes iskola ebből vezette le azt a tanítást, hogy az óceáni medenczék a szilárd földkéreg keletkezése óta állandók. Még

nincs itt az ideje, hogy e tanítás védőinek és ellenzőinek okoskodásaival leszámoljunk; de ez is a mellett szól, hogy rég meggyökeresedett nézetek, minő a Föld minden helyén a tengernek és száraznak gyakori váltakozása, teljesen meg is fordíthatók.

Az okok más sora, a földgolyó külső plasztikája és a sűrűségi állapotok elterjedése közt levő viszonyra támaszkodva, a földkéreg plasztikus mélységeiben levő isostatikus, kiegyenlítő mozgásra, az óceáni tájak felől folytonosan a kontinensi tájak felé tartó, lehordásból keletkező, a kelleténél nagyobb megterhelés szellemes elméletére vezetett.

A földgömb eredetének szempontjából még mélyebbrehatóbb azon sós ár eredetének kérdése, mely az óceáni medenczéket betölti. A sós ár, élesen elválasztva a szilárd földtől és a légkör-től, sokszorosan megszakított vékony burkot alkot a kettő közt. Térfogata ismert határaiból és mért mélységéből kiszámítható. Kítűnt, hogy ha a szilárd föld a felszínén sima és egynemű golyó volna, a tengernek rajta egyenletesen elterülő vízmennyisége mintegy 2500 m vastag takarót alkotna. Ha e víznek egy köbméterét elpárologtatjuk, akkora szilárd tömeg marad hátra, a mely súlyának nem egész egy harminczad részével és térfogatának körülbelül  $\frac{1}{63}$  részével egyenlő. Ha elképzeljük, hogy a tenger vízében levő összes oldott tömegekből kiváló anyagokat száraz állapotban ugyanazon golyóra kiteritenők, 40 m vastag réteget alkotnának.

Hogy mit jelent e szám, tisztában leszünk vele legazonnal, ha meggondoljuk, hogy e rétegnek összes köbtartalma pontosan véve akkora, hogy belőle Európának és Észak-Amerikának a tenger fölé emelkedő szárazföldi részeit, összes hegyeivel és fensíkjaival felépíthetnők. Ez pedig a földgolyó összes száraz töme-

gének egy ötöd része. Ebbe azonban nincsenek beleszámítva azok a sós tömegek, melyek a Föld történetének különböző szakaiban rétegekbe rakódtak le, és a hol nagy testekbe foglalva fordulnak elő, bányászatukkal nélkülözhetetlen életföltételt nyújtanak az embernek. Egykoron e rétegek is oldva voltak a tenger vizében.

Honnét ered a víz? Honnét származnak a benne oldott anyagok? E kérdéseket gyakran vetették föl. A vizet illető kérdés, úgy látszott, különös nehézséget nem igen okozott. Minthogy a víz fajsúlyára nézve könnyebb, mint a szilárd földkéreg anyagai, sőt nagy hőmérsékleten gázállapotba is átcsap, el lehetett képzelni, hogy a víz a heven folyó földgolyót már ősi állapotában egy-közepű gázréteg alakjában vette körül, a melyből azután lassú lehülés következtében cseppfolyós alakját öltötte. A Föld külső merev kérge petrografiai kialakulásának mikéntjére vonatkozó némely spekuláció a disszociálódott gázoknak e burkából indult ki, a melyben az óceán összes vizén kívül benne volt még az a víz is, a mely később a kőzetekben megkötődött és a kihült földkéreg mélységébe is behatolt. A tenger sóiban pedig a kontinensek hulladékának oldható részét látták, a melyet ős idők-től kezdve a víz körútjában állandóan az óceánba vitt. A víz tiszta vízgőz alakjában kél ki a tengerből és a légkörön való hosszú futása után, oldott anyagokkal megrakodva, tér a hegyekről a tengerbe vissza. Mai nap is megtörténik nem egyszer, hogy az óceán sóinak ily eredetet tulajdonítanak.

E nézet helyességének megvizsgálására szolgáló kísérletet maga a természet nagy mértékben bocsátja rendelkezésünkre. A Földön olyan tájak is vannak, a melyekben a vázolt folyamat úgyszólván tisztán folyik le. A kontinensek központi részeiben az esővíztől, a földszínen

való útjában és a kőzetek repedésein át oldott állapotban magával ragadott bomlástermékek, egyesülten a légkör szállítmányával, lefolyás nélkül szűkölködő tavakban gyülemlenek össze és elpárolgás következtében töményebbé válnak. Ha e sókat vizsgáljuk, kitűnik, hogy nem egyeznek az óceán sóival. És ha elemezzük a vizet, melyet a folyamok az óceánba szállítanak, a tengeri víznek fő alkotó részét, a konyhasót olyan csekély mennyiségben találjuk benne, hogy a rétegek kilúgozott alkotó részének tekinthetjük, a mely valamikor a tenger vízből való lerakódásuk alkalmával került beléjük. Úgy látszik tehát, hogy új konyhasó csak elenyészően csekély mennyiségben szerezhető bomlásbeli jelenségek útján, ha ugyan egyáltalában szerezhető. Ámde a konyhasó szerepe a tengerben igen nagy; ugyanis az oldható anyagok 40 m vastag rétegeből 31 métert ő maga foglalna le, tehát akkorát, a mely az ötemeletes ház magasságával vetekedik. E vastagságban terülne is el az egész Föld színén. Hogy az e tömegben levő nátriumot előállítsuk, ki kellene vonnunk a Föld kérgének mindazon tömegeiből, melyek a tenger fölé emelkedő szilárd tömegek térfogatának több mint háromszorosát teszik, ha t. i. az összes kőzetek nátriumtartalmát középértékben 2·38% súlyrésznek vesszük. A nátriumnál is nagyobb súlyú a vele kapcsolatos chlór; ez azonban még kevésbé származtatható a szárazföldszin alakzataiból, minthogy a földkéreg összetételében teljesen elenyésző mennyiségben, alig 0·01% kal vesz részt.

E számítások, melyek csak a tenger mélységének mérése után váltak lehetővé, megértetik velünk, hogy mily fontosságot tulajdonítsunk a tengerben oldott anyagok fő alkotó részeinek. Egyúttal belátjuk, hogy a konyhasó mindkét alkotó része, első sorban pedig a chlór, a

szilárd földkéreg összetételének tömeges megjelenésével épen olyan ellentétben van, mint a tenger víze a kontinensekkel. Ha illetén szerepök sajátosságának okát keressük, csak annak az ősi székhelynek a különösségében, a melyből keletkeztek és azokban a különös jelenségekben gyaníthatjuk, a melyek útján a helyökre kerültek.

A magyarázat kulcsát a vulkánossággal kapcsolatban hydrotermikai jelenségek adják a kezünkbe, a melyeknek St. Claire Deville és R. Bunsen kezdette tanulmányozása a Martinique szigetén levő vulkán robbanó kitérése óta újra megelégnünk. Elvértve már 1842. óta nyilvánult és valószínű is volt az a nézet, hogy a Föld belsejében magas fokra hevített és nagy nyomás alatt álló tömegek disszociálódott állapotban levő gázakkal telítődnek, a melyek a hőmérséklet csökkenésekor gázalakú vegyületekre lépnek és a vulkánosság jelenségének okai közt ha nem is egyedüliek, de mindenesetre igen fontosak. A Földnek fokozatos hűlése ebben épen olyan hatásos lehet, mint a gáz átította tömegeknek helyi gajzirszerű szállása a kevésbé hevített mélységek felé. A különféle mód megfigyelése, a hogyan a Föld belsejéből származó idegennemű anyagok a földkéreg szerkezetében és a Föld színén megjelennek, arra a következtetésre vezetett, hogy a vulkánosság nyilvánulásai szintén igen különfélék. Helyi felszabadulás a nyomás alól, vagy csatornák hirtelen való keletkezése gázzal telített lávaömlést, vagy robbanó jelenséget és ezzel a vulkánok nagy számára jellemző tevékenységet okozott; a szétroncsolt kőzetekben levő hasadékok a gáznemű anyagok szublimálása következtében ásványnyal és érczczel telhettek meg; más helyeken a vízgáztartalmú lávafolyam nagy erővel nyomult be a kőzetben maga alkotta és az utánpótlástól folyton bővülő közökbe. A magma

elillanó gázai időszakai solfatara, vagy állandó hőforrások alakjában érheték el a felszint és készletüket a vízből és a Föld belsejében elillanó anyagokból ugyanott szaporíthatták. Hogy a chlór és a ritkább halogén elemek, a fluor, bróm és jód a magmából fémekeket és más elemeket, közöttük különösen nátriumot szállítanak és visznek a felszínre, nagy valószínűséggel kitűnik abból a szerepből, a mely mai nap a vulkáni kitörésben jut nekik.

Am a jelenben megfigyelt jelenségek-ből való deductiónak meg kell állapodnia, mielőtt megkísértené a Föld felszínének ősi állapotára való visszamenést. Azonban, ha az első következtetések helyesek, valószínűnek vehető, hogy megmerevedés előtt és megkezdésekor a gázok elillanása a magmából és egyes elemek kiválogatódo szállítása a különösen hatásos halogének útján a mélységből a felszínre, továbbá a kitörésbeli és robbanásbeli jelenségek összessége rendkívüli hévvel és a Föld felszínén való általános elterjedéssel történt, annyira, hogy a víz alkotó részeit tevő gázok igen nagy burkának korai jelenléte és a gázak végleges sűrűsödése valóban elkerülhetetlen. De, ha a vulkánoosságot és a vele kapcsolatos hydrothermikus jelenségeket a kimutatható szerves életnek viszonylag későbbi idejétől kezdve csak az előbbi állapot gyenge utófuvalmánának vehetjük is, abszolút mértékkel mérve a Föld belsejéből ekközben elillanó anyag összes mennyiségének igen jelentékenyen kellett szaporítania és állandóan kell gyarapítania az őstengert és a benne levő sókat. Mi tehát az óceán vizét, a benne levő konyhasót és más vele kapcsolatos anyagokat, miként E. Suess a karlsbadi hőforrásokról tartott\* igen szellemes vizsgálódásával

\* Megjelent a Pótfüzetek a Természet-tudományi Közlönyhöz 1904. évi LXXIII. Pótfüzetének 37—46. lapján.

kapcsolatban kifejezte és igen sok új gondolattal kifejtette, a kihülő Föld testének még folyton tartó gáztalanításából származtathatjuk.

Ekként a földi dynamika problémái közvetlenül hozzákapcsolódnak a tenger statikájának fejtegetéséhez. Hasonló lánczolat kísér minket, mikor azon változások nyomait követjük, a melyek a tenger határainak helyzetében a geologia egyes szakáiban előálltak. A jelen változásainak általános megfigyelésétől, a mi Herodotus idejében az egyiptomiaknál régen köznapi dolog volt, és a parti lakóknál gyakori, később határozottabb, összehasonlítható följegyzésekre tértek át. Ily jelenségeket visszafelé az előidőkbe követni a geológiának egyik legfontosabb és legvonzóbb feladata. Kevés év óta bámulatosan szaporodnak a bizonyítékok azon nagy változásokról, a melyek a Föld történetének legutolsó korában, a jégkorszak alatt és után lezajlottak. Némely alakulás, melyet nem rég korábbi korszaknak tulajdonítottak, figyelmes vizsgálatra ebbe a késői korba valóban bizonyul és az ember őstörténetével fűződik össze. Valamint a szigetekben gazdag Aegei-szigettengernek kialakulása sok öblű átellenes partjaival és a Fekete tengerrel való nevezetes folyamszerű összekapcsolódásával a legfiatalabb beomlás és magasságbeli eltolódás művének bizonyult: úgy van ez a Föld sok más részén is. Mind jobban és jobban felismerjük, hogy a tengernek és száraznak mai határolása egy nagy, soha be nem fejeződő teremtésnek a fázisa. Itt gyarapodik a szárazföld s az előbb szétválasztott tagok összekapcsolódnak, amott egységes földterületek különálló területté darabolódnak. Ilyen változások a tengerparton, a tenger előnyomulása, vagy visszavonulása következtében, hasonlíthatatlanul élesebben nyilvánulnak, mint a szárazföld

belsejében. Ámde e változások a tenger parton sokkal fontosabbak is a szervezettek elterjedésére, vándorlásuknak való új utak nyitására és mások elzárására, és az ember őstörténete színterének kialakulására nézve. A palaeontologiai és geologiai kutatások alapján mind világosabb vonásokban tűnnek elénk a tenger terjeszkedései még a távoli ősidőkben is. Minden alakulás, a legkisebb részben is, mozgásnak indítja az egész óceánt. Mikor a tengerfenék egyik területen sülyed, vele sülyed az összes óceánok tükre is. Mikor a víz a trópusi tengerekből hosszú időszakon át folyton elvonatott és a légkörben való hosszú útja után a sarki tájkon mint jég növekvően összegyülekezve felhalmozódott, miként a jégkorszakban történt, a szárazföld a tenger rovására minden parton gyarapodott. Mikor pedig a hosszant elnyúló parti övek üledékes tömegeinek ránczos duzzadása következtében hosszú időn át a hegységek erős feltornyosodása volt folyamatban, a szűk határok közé szorított óceán mindenütt a partjai fölé szorítottatott ki. A tenger ilyenén nagy áradásainak és visszavonulásának epochái határvökvék a Föld történetében.

E földi jelenségekben a tenger munkája passzív, neki kell az új alakokhoz illeszkednie; benyomódik a szárazföld repedéseibe, és elönti őket, mint Norvégia fjordjaiban; vagy arra kényszerül, hogy régi parti vonalától visszavonuljon és új, mélyebb helyzetet foglaljon el, mint tesszem Alsó-Olaszországban, a hol tengeri negyedkorú képződmények többszörösen szegélyezik a szárazföldet. Ezzel azon működések lényeges részének színtere magasabbra vagy mélyebbre helyeződik, a melyek a tengernek a szilárd földszin átalakulásában osztályrészülnak. E működések különböző természetűek; egyikök még passzív természetű is és abban áll, hogy a tenger teknője tartóul

szolgál a kontinensek szilárd törmelékének fölvételére. A folyamatok a törmelék a tengerbe szállítják s arra törekszenek, hogy hegyeket és minden szárazföldet a mindenkori tengeri tükör szintájáig lassan lerombolva magukkal ragadjanak és törmeléktömegek meg oldott anyagok képében az óceánba vigyenek. E közben csatornákat vájnak, melyek általában derékszöveget zárnak be a parttal, és épen olyan irányú magas bordákkal választódnak külön; végre ezekre is a lehordás sorsa vár. Így keletkeznek mint közbülső alakzatok az egyenetlen útján a tengerparthoz közel eső szárazföldnek jellemző formái. Az e munkában görgeteg, homok és iszap alakjában tova szállított törmeléktömegek széles omladékhalmokban rakódnak le a szárazföldek szegélyén. Az áramlások segítkeznek a finomabb törmelék elosztásában, és, minthogy a partok általános irányát követik, a parttal párvonalos omladékhullámokat alkotnak, melyeket épen olyan irányú sekély mélyedések választanak el egymástól, miként a hajózás kárára a folyamatok torkolata előtt olyan gyakran lerakódó fövny- és iszaptorlaszokon, meg a tengeri fürdőkhöz a fürdőparton túl a tengerfenék hullámos alakján tapasztaljuk. Ha passzív eltolódás a tengert emelkedni kényszeríti, befedi a maga képződményeit és a szárazföld repedéseibe hatol be. Akkor azután ezek jelleme a partok körvonaláiban tükröződik, miként Skócia ország loch-jain (szárazföldi tavain) és déli Khinának öblökben bővelkedő partjain látjuk. A régi omladékhalmokra ez esetben új terület. Ám ha a tenger visszavonulni kénytelen, omladékhalmjai szárazra kerülnek s az ő alakjuk szabja meg a sekély, többnyire öböl- és kikötő-hijas parti vonalak jellemét. E szerint az alakzatról felismerjük, hogy a tenger az utóbbi időben előnyomult-e, avagy visszafelé húzódtott. Csakhogy visszavonuláskor

a tengeri alakzatok nem maradnak fenn sokáig; mert a folyók követik a tengereket, s a szintáj, mely a folyók kivájó munkájának és felszín-lehordó törekvésének határt szab, immár lejjebb fekszik, mint az imént: ezért a folyók mélyebbre vájják csatornájakat és szárazföldi alakzatokat alkotnak egész az új parti vonalig.

Az utolsó 30 esztendő tengeri expedícióinak, de különösen a »Challenger« expedíciónak a legbecsesebb vívmánya, hogy sikerült tiszta bepillantásra tennünk szert az óceán fenékén levő üledékek minőségére és eloszlásmódjára. A szárazföldi törmelékeknek övezve való korlátozódása, a melyek a kontinenseket és a szigeteket szegélyezik, a nagy szerep felismerése, mely a már előbb ismert szirtépítő korallokon és nagyobb mészkiválasztó állatokon kívül a nagyon elterjedt és vastag rétegek fölépítésében a mészhéjú és kovavázú parányi szervezeteknek jut, a nagy mélységeknek a feloldott mészhéjak vörös, finom maradványaival való befedése, a horzsolókö-törmeléknek nagy területen való előfordulása: olyan eredmények voltak, melyek igen fontos, közvetlen alkalmazást engedtek meg az elmúlt idők közeteinek keletkezése módját és föltételeit illető geológiai magyarázatában. Viszont a geológia is nagyon tökéletesíthette a tengeralatti jelenségekbe való bepillantást.

Csak egy esetet emelek ki példaképpen.

A függő ön csak a tenger fenékén levő lerakódások felszíni rétegeinek alkotó részeit hozza fel. A mélyebben fekvő rétegek kívül esnek a megfigyelésen; ezeket csak akkor ismerjük meg, ha átalakulásukkal szilárd földdé váltak, vagy telluri erők hatására az Alpések típusával egyező hegyekké duzzadtak föl. Az összehasonlító vizsgálat általános jelenségként kiderítette, hogy minden efféle hegység az üledékek olyan övének deformálódásá-

ból keletkezett, a melyben az üledék jóval vastagabb volt, mint a távolabbi környezetben. Mihelyt világos bepillantást tettünk a mai óceán fenékén a rétegkeletkezés és elterjedés módjába, legott előtűntünk volt a meglepő igazság, hogy ott is, a hol a felduzzadó réteggépződmények vastagsága sok ezer métert tesz, igen mély tenger a lerakódás idejében rendszerint soha nem volt. Ezt csak azzal a föltevessel magyarázhatjuk, hogy a mély fenéknek megterhelése a folyton halmozódó üledékekkel lassú süllyedését vonta maga után és hogy e süllyedés hosszú időszakon át körülbelül olyan mértékben következett be, a milyenben az új kőzet-tömegek lerakódtak. Ha e jelenség arra utal, hogy a Föld kérgén belül kisebb ellenállású övekkel van dolgunk, megmagyarázása még mindig éppen olyan nehéz feladat, mint a feltorlódo hegységek keletkezése mechanizmusának nehéz problémája általában.

Ily módon a vonatkozások egész sorát vesszük észre, a melyek alapján kiderül, hogy az óceán a szilárd földkérgétől, melynek mélyedéseit kitölti, függ, és az ő átalakulásai felismerhetők. Más természetűek azok a hatások, melyek az égi testektől és első sorban a Naptól érik az óceánt. Az égi testek hatására zavar keletkezik az állapotok egyenletességében és deformáció a helyzet egyensúlyában. Ámde minden háborgás a tenger tömegén belül azonnali mozgást idéz elő a folyadékban az egyensúlyi helyzet helyreállítására.

A Hold és a Nap a földfelszín minden pontján állandóan változtatja a vonzó erők potenciálját. A napszakának gyors járásában ott vándorol a Föld körül a gravitáció momentuma a Nap felé a Föld tömegének egyik pontjáról a másik pontjára való differenciálódásában. A Hold a rövidebb napszakának és a Föld körüli keringése hosszabb szakának kombiná-

ciójában, nagyobb közelsége miatt, erősebb hatással van a tengerre. A hatásnak külön, ritmikus ciklusai keletkeznek, a melyek összegeződnek, mikor harmoniásan hatnak, és egymást gyengítik, mikor egyidejűleg különböző oldalra irányulnak. Ezek a hatások egykoron magára a még folyékony földgömbre hatottak, és azon hosszú időszak folyamán, melyben a megmerevedő kéreg képződött, nem lehettek hatás nélkül az illetén állandó ritmikus mozgás folyamán áthelyeződő és megkeményedéskor kristályosodó tömegek belső szerkezetére. Nehéz és éleselméjű vizsgálatoknak célja annak a kutatása, vajjon a tengernek apálydagály mozgását a Föld kérgében folyton tartó apálydagály mozgás mai nap is gyöngíti-e. A part lakója csupán a tengernek napi kétszeri ritmusnak alávetett előrenyomulását és visszavonulását veszi észre. A hajósnak ennek ismerete igen nagy hasznára van a hajónak be- és kifutásakor, kivált ha a tengeri hajókkal olyan messzire akarnak a folyókban előrenyomulni, a meddig az ár a hajókat csak felviszi. Ezért figyelik a lakosok a tűneményt és mindenütt, a hol észrevehető, a Hold fázisaival és állásával való kapcsolatát megállapították. Már Pytheas között a görögökkel az atlanti partokra vonatkozó illetén ismeretet. Csak sokkalta későbbi időben derítette ki a följegyzések összeállítására, hogy a különböző partokon nemcsak az apály és dagály időbeli megjelenése, hanem a ritmusa és kibillenése is különböző. A földfizika kimutatta, hogy a vonzó erő kihat minden óceánnak egész víztömegére teljes mélységében és hogy igen sekély, minden óceánt keletről nyugatra átszelő és onnét visszaverődő hullámok, valamint a roham állandó ismétlődésével és a sokféle hullámtalálkozással igen bonyolult mozgásokat okoz, a melyek olyan nagy rendszerré tevődnek össze, a melyben ritmu-

sos törvény uralkodik. E mozgások a felszín emelkedésében és süllyedésében válnak láthatóvá. A merőleges kibillenés csekély a nyílt óceán szigetein; ám nagy értéket ölthet, a hol a part felé törekvő áradat sekély fenékre bukkan, kivált ha a fenék öbölben terül. Ekkor megtörténik, mint például Korea nyugoti partján, hogy a kibillenés 11 méterre is rug.

Valamint a mikroszkóp feltárta a közet keverékrészeit, melyeket annak előtte csak szabad szemmel vizsgáltak, úgy leplezte le a tengerjárás mozgásának följegyzése maguktól jelző készülékek segítségével a már említett, a látható ritmusban megjelenő mozgásokat. Pontos meghatározásukra vonatkozó törekvés a harmonikus analízis módszerének\* a tengerjárásra való kiterjesztésére vezetett. E közben még némely kisebb, időszakhoz nem kötött mozgást is fölfedeztek. A tudomány e terén is jóval meghaladja a gyakorlati szükség körét. Azonkívül, Mayer Robert nyomdokán haladva, kiszámítja a hatást, mely a tengerjárásnak surlódás okozta késlekedésétől a Föld keringéssébségének csökkenésében jut kifejezésre.

Bármennyire jótékony hatással van is a Hold érzékeinkre és szellemi hangulatunkra, kivált mikor hajón utazunk, mechanikai hatása a tengerre nincsen; ellenben mérhetetlenül nagy és sokoldalú a Nap hatása a besugárzás útján. A Nap életet és mozgást visz a tenger minden részébe, még a mélységbe is, a hova be nem hatolhat; a Nap ruházza fel a tengert belső erőkkal, különféle cselekvő működéssel, miként valamely szervezetet a lélekzés és táplálkozás útján. Kimeríthetetlenül vált e téren a kutatás mezeje, a mióta sikerült a kínálkozó fel-

\* E módszer lényegéről olvashatni a »Pótfüzetek a Természettudományi Közlönyhöz« 1897-iki folyamának 76. és következő lapjain.

adatoknak éles körvonalakat adni és a megoldásukra szolgáló eszközöket megtalálni.

A Nap hősugarainak közvetlen hatástere az egész vízszin ugyan, de a hatásnak a tenger nagy tömegéből aránylag csak csekély rész hozzáférhető; ugyanis szem előtt kell tartanunk, hogy a légkört a sugarak alulról fölfelé, a tengert pedig csak a felszínén melegítik. És mégis, ha más ok sem volna, ez a melegítés is elegendő lenne, hogy az egész tengert mozgásnak indítsa. Ugyanis a besugárzott melegnek nagy része elpárolgásra használódik fel, és a hydrostatikai egyensúly az elvesztett réteg elvételétől, a mely a trópusok alatt évenként több métert tesz, és a sarkok felé gyengül, szünetlenül meg-megbomlik. Ám az egyensúly legazonnal ismét helyre is áll, minthogy azon tájakról, a melyeken a vizoszlop semmit, vagy csak jelentéktelenül csökkent, a mélyebb rétegekben kiegyenlítődő mozgás keletkezik a terhökben megkönnyebbült részek felé és bennök fölfeléemelkedés tapasztalható. Minthogy az első jelenség folytonos, ugyanolyan a második is.

A tenger párolgás útján koronként elveszti egyik alkotó részét, a vizet, azután nagy és fontos feladatok teljesítése után ismét magába veszi. Nem követjük a vizet az ő légköri útjában, a melyben a párolgáskor felhalmozódó meleget lappangó állapotban más szélességek alá szállítja, a vizgőz lecsapódáskor ismét visszaadja, és igen gyakran a melegre nagyon is rászoruló országoknak jótékonyan a javára fordítja. A sók továbbra is a tengerben maradnak; növelik a felszíni víz fajsúlyát és alkalmat nyújtanak a merőleges irányban való kisebb kiegyenlítődésre.

Jóval erősebben avatkozik bele a Nap a tenger mozgásaiba és a hőmérsékletnek vízszintes és függőleges irányban való eloszlásába a szél közbenjárásával. Mikor

szellőcske fodrozza a felszint, az egyensúlyi helyzetnek látható megbolygatása hullám alakjában terjed tova. Ha a hatás tartós, vagy erősbül, gyarapodik a hullámok értéke magasságban és hosszúságban, a melyek viharban óriási arányokat öltenek. A szemlélőt mindig és mindig megkapja az ellentét nagysága a nyugvó tengertükör békéje és a viharos hullámok elemi ereje közt. A látható amplitudók növekedésével növekszik a mélység, a melyig a hatás terjed. Elméletileg ezt már a Weber testvérek meghatározták volt. Mechanikai hatásukat, miként a föveny áttelepítésében és a kőzetlapoknak simára söprésében nyilvánul, 200 m mélységig tapasztalták. Az eleven erőnek óriási mennyisége halmozódik fel a hullámban és terjed tova mozgásával. Ez erőt igazán ott ismerjük meg, a hol a hullám akadályra talál; ugyanis ez erő, minthogy a kitérés előle a mélység felé el van zárva, a víztömegnek olyan magasra való lódításában nyilvánul, mely a hullám magasságával, sebességével és az ellenállás alakzatával arányos. Ismerjük erejét azon szökő hullámok képében, melyek a fövényes parton már gyengítve érkeznek fürdőző testünkhöz; nagyszerű látvány a folyton ismétlődő ütdéssel magasra loccsanó hullámverés a szirteken és a meredek sziklás parton. Kevés jelenség van a természetben, a mely annyira megkapó volna, mint ez.

Ez erő az összpontosított szél-erő; és, minthogy a szél a légnyomásbeli különbségek kiegyenlítésére való törekvéssen alapszik, e különbségek oka pedig a napsugárzás, bizvást összpontosított nap-erőnek mondhatjuk. Ezzel fölfegyverkezve, a hullám igen nagy munkát végezhet, mikor megfelelő ellenállásra talál és nem emésződik fel surlódásban, például a fövényes partra való futásakor. Mikor a hullám meredek sziklapartot talál, folytonos nekiütdésével a szétrom-

bolására törekszik. Az árapály övében merőlegesen mozgó víz vízszintes padmalyt váj a partban, a felette levő kőzetet megfosztja alapjától és arra juttatja, hogy meredek szirtfal hátrahagyásával leomlik. Így alkot a tenger a maga szintájában lankásan emelkedő sziklás partot mint munkateret a lezuhanó kőzet további szétrombolására, és mind beljebb szorítja a meredek partot a szárazföldbe, míg ereje a nagy területen, a maga teremtette parti térszínen a surlódásban ki nem merül. A sziklás part mentén a meredek szirtfal leomlása sok ezer kilométernyi távolságon maradandó jellemző vonás. Ám az ily szirt rendszerint mégse merül a tenger mélységébe, hanem megengedi nekünk, hogy apálykor a lábánál sétálhassunk a tenger partján. Csak gyéren kínálkozik alkalom e jelenségnek fáradság nélkül és nagyban való szemlélésére; mert az utazó rendszeren a kikötő helyén tartózkodik, a hova a tenger háborgása be nem hatol, a gőzhajók pedig ritkán és akkor is rendszeren csak rövid vonalon haladnak csekély távolságban a part mentén.

A szárazföld rombolásának tüneménye, melyet a hullámverés a szirtfalnak a szárazföld irányában odább tolásával okoz, ott éri el a legnagyobb jelentőségét, a hol a tenger, tükrének lassú emelkedésével, vagy a talaj sülyedésével, a partját folytonosan tovább és tovább terjesztheti a szárazföld rovasára. Ilyenkor ferdén emelkedő síkban metszi a hegyeket és a terjedelmes parti térszint a leomló tömegek törmelékéből keletkező hordalékkal tölti tele. A tapasztalat mindenestre arról tanuskodik, hogy sok olyan terjedelmes sziklás felszín van a kontinensek belsejében, a melyeket ennek előtte csak ezzel a fölvétellel tudtak magyarázni, a melyek azonban szárazföldi hatás eredményei és vagy a folyó víznek százados munkájától, vagy pedig

a szél erejétől kapták jellemöket. Mindamellert rendkívül nagy az a munka, a melyet a tenger élénk változásainak idejében a maga és a sülyedő szárazföld határvonalán végzett. A partok nagy hosszban való kiterjedése és ütemszerű ütései-nek folytonossága ad fontosságot neki.

A partról térjünk át a nyílt óceánra.

A legrégebb idő óta tudja a hajós, hogy a tengernek a saját mozgásai a hajónak tovább szállítására törekzenek. A t h a n a s i u s K i r c h e r próbálkozott meg a merész feladattal, hogy ez áramlásokat térképen ábrázolja. Azóta sok időbe került, míg az általános kép alapvonásait, a hajósok közléseire támaszkodva, tökéletesíthették. Nagyon sokan végeztek érdemes munkát e téren. Ámde hasztalan keresték az áramlás hajtó erejét; ugyanis azokkal az elméletekkel, melyek a Föld forgásán, a hőmérsékleti különbségen, a sűrűségeen és sótartalommon, az elpárolgáson és más effélén alapultak, mint ki nem elégtőkkel szakítani kellett. Mikor azután Z ö p p r i t z bebizonyította, hogy az állandó áramlások ősi okozói a passzát öv és a nyílt Déli-óceán állandó szelei, az időszakos áramlásokat pedig az időszakos légáramlások fakasztják: tiszta bepillantást kaptunk az óceán áramló mozgásainak körfutásában nyilvánuló nagy rendszer mechanizmusába. Az oceanologiai munkálatoknak még hosszú időn át továbbra is jelentékeny céljok az fog maradni, hogy az óceáni víz állapotának vízszintes és merőleges elterjedésére vonatkozó részleteket kapcsolatban a hőmérséklettel, só-tartalommal, sűrűséggel és gáztartalommal, az ez irányban végzett számtalan megfigyelés fáradságos összetétele útján kikutassák. E feladatoknak gyakorlati fontossága, a mennyiben a felszíni áramlásra szorítóznak, a hajózásra, főleg a gőzerő nélkül szűkölködő hajózásra, kézzelfogható. Még jól emlékezzünk a n-



s e n-nek a mennyire tudományos szempontból is nevezetes, annyira hősi tette, mikor a sarktengernek jégborította részeiben az áramlás élesesű megállapításával »Fram« nevű hajójának a jégben való útirányát biztos számítással kijelölte.

Más, szintén messzevágó vonatkozások származnak az áramlások vizsgálatából a Földön való hő elterjedése okainak

elméleti ismeretére vonatkozólag. Nyilvánvaló, hogy az egyes változó állapotok beható tanulmányozása itt is jelentékeny bepillantást nyújt majd a messze fekvő szárazföldi térségeken a tengeri áramlások, a légnyomás eloszlása és az évszaki klímá-állapotok közt levő, gazdaságilag fontos okbeli viszonyokba. (Naturwissenschaftliche Rundschau, 1904. 37. és 38. sz.)

## Az úszás élettanából.

Hagyományos szokásuk a fiziológiai kézikönyveknek, hogy az izmok élettanának részletes tárgyalásában az állás, járás és szaladás fejtegetése után szerényke helyet szorítanak az úzásnak is, a hol azután néhány általános megjegyzést találunk az úzó mozdulatok alakjáról. A testgyakorlást tárgyaló orvosi iratok melegen ajánlják ugyan az úzást, a nélkül azonban, hogy behatóbb szakszerű megokolásával megpróbálkoznának. Ezért röviden tárgyalni szándékozunk az úzásnak, mint testgyakorlásnak a sajátosságait.

Az úzás meg más testi gyakorlás közt a főkülönbség nyilván abban van, hogy úzáskor a test levegő helyett vízben mozog; az úzásban ennek következtében kevésbbé kell vizsgálnunk a mozdulatok alakját, mint inkább a föltételeket, melyek közt a mozdulatok történnek. Már abból is kitűnik ez, hogy a hideg, de kivált a mozgó vízben való fürdés, a nélkül, hogy a tulajdonképeni úzásra rá kerülne a sor, igen jelentékeny hatással van egész testünkre.

E hatás úzás közben még jobban nyilvánul, minthogy úzás alkalmával a testet erő hatások főrészt ez alkotja. Mikor az úzás tudományos vizsgálatában az egyes sajátságokat külön-külön

iparkodunk tárgyalni, azon kell kezdenünk, hogy a víz hatását, a mely minden fürdéskor is jelenkezik, s röviden a »fürdés hatása« néven foglalható össze, az úzó mozdulatoktól megkülönböztessük.

A »fürdés hatása«, vagyis a víznek mint szorosan vett víznek hatása többféle lehet, és mint ilyen, több csoportra osztható. A víznek chemiai hatására kezdettől fogva nagy súlyt helyeztek, jóllehet nem mondhatjuk, hogy e nézetet az exact kísérletek is kellően megokolták volna. E körülmény főleg a különös sajátosságú vízfajokra fontos, és az úzásról szóló általános tárgyalásban bizvást mellőzhető. Nagyon lényeges csoport a víz hőhatása. Ismeretes, hogy rövid idejű fürdés igen hideg vízben sokkal jobban támadja meg a testet, mint a langyos vízben való hossz- tartózkodás. A fürdő hőhatása két részre oszlik, ú. m. olyanra, a mely közvetlenül a hőnek a bőrre való ingere, tehát »ingerhatás« következtében keletkezik, és olyanra, melynek hőelvonás, tehát »kalorikus hatás« a föltétele. Mindkét csoportot ismételten vizsgálták, az ingerhatásra nézve azonban még eddig nem értenek egyet. A kalorikus hatás fontosságának feltüntetésére elég Lefèvre kimerítő munkáiból azt az egy adatot kiemelnünk, hogy 12<sup>o</sup>-os vízben való 4 percnyi

fürdés 100 kaloriát, tehát épen annyit von el az ember testéből, mint a mennyit a test máskülönbön körülbelül egy óra alatt veszít. Miként L e f è v r e kimutatja, a test ezt a hővesztéséget csakhamar kiegyenlíti annyira, hogy a hideg fürdő egyúttal gyakorlás a hőszabályozásban és a hőfejlés indítéka.

A »fürdés hatásának« harmadik, nem kevésbé fontos csoportját, nevezetesen a víznyomás mechanikai hatását eddigelé egyáltalán nem méltatták figyelemre. Természetesen azt hihetné az ember, hogy, mivel csak 10m magas vízoszlop nyomása ér fel a légköri nyomással, azt a kis nyomást, a mely a vízbe mártott testre nehezedik, bizvást elhanyagolhatjuk. Ám a számbeli adatok legazonnal az ellenkezőről győznek meg. Tegyük fel, az ember teste egyenes állásban nyakig merül a vízbe; lélekzések a mellének és a hasának felülete 25 cm széles és 25 cm magas négyzetnek vehető, a melynek felső határa közvetlenül a nyakon kezdődik. Ekkor a víznyomás felső határa zérus, az alsó határt 25 cm-nyi víznyomás, és az egész testfelületet pedig 12·5 cm vízoszlopnak megfelelő közepes nyomás éri. Minthogy az említett felület 625 cm<sup>2</sup> területű, összesen 12·5 × 625 g, vagy kerek számban 8 kg nyomás nehezedik rá. Képzeld, hogy ez a 8 kg-nyi nyomás homokzacskó, vagy ólomlemez alakjában nehezedik a fekvő ember hasára és mellére, bizony igen kézzel fogható fogalmat kapunk a bemártott testre nehezedő víznyomás mechanikai hatásáról. Mikor úszunk, a test természetesen nincs merőleges helyzetben, e helyett azonban a testnek legjobban mozgatott része jóval mélyebb helyre jut, mint a mennyire az előbbi esetben föltettük volt.

Hogy a talált szám nem túlzott, azzal bizonyíthatjuk, hogy más úton is levezethetjük. Ugyanis a kézikönyvek adatai szerint egy-egy lélekzettel mindig 0·5 liter

levegőt veszünk fel, és mivel ez a 0·5 liter levegő főleg a tüdőnek alsó részén foglal helyet, föltehetjük, hogy minden lélekzéskor 0·5 liter vizet 15 cm mélységből kell kiszorítania; ez pedig minden egyes lélekzésre 0·5 × 0·15 mkg, azaz 0·075 mkg munkát képvisel. Ha most 1 cm-nek vesszük azt a mozgást, melyet a mellkas lélekzészvételkor tesz, úgy minden egyes lélekzésre az előbbi 8 kg víznyomással egyenlő értéket, azaz 0·08 mkg munkát kapunk. Ebből kitűnik, hogy a számításnak mind a két neme körülbelül ugyanarra az eredményre vezet.

Különbö az az összes munka, melyet az eredményből levezettünk, a lélekzés izmainak rendes munkájához képest nem valami nagy, minthogy e munka, Z u n t z becslését véve alapul, a rendes munkának 15<sup>0</sup>/<sub>o</sub>-át, a D o n d e r s-ét véve pedig, csak a 10<sup>0</sup>/<sub>o</sub>-át teszi. Mindamellett a lélekzésre szükséges munkának illetően szaporodása igen fontos az úszásnak mint testgyakorlásnak a megítélésében. Nem közönyös az sem, hogy bizonyos gyakorlatban mely izomcsoport végzi a munkát; az úszásnak különös sajátága épen a lélekző izomzat megterhelésében nyilvánul, a mely semmiféle más testgyakorlatban nem érvényesül ennyire. Továbbá figyelembe kell venni, hogy az említett számok bizonyára jóval kisebbek a valóságnál, minthogy kiszámításukban a kézikönyveknek úgynevezett rendes nyugalmi értékét vettük alapul, holott úszás közben sokkal erősebb a lélekzés. A víznyomás jelentősége azon tapasztalatokból ismerhető fel, a melyekre alkalm adtán minden úszó szert tesz; nevezetesen a vízhez nem szokott egyéneknek, különösen a gyermekeknek erőt vesz a félelem, mihelyt a víz a vállukig ér. Ez az a mélység, melyben a víznyomás hatni kezd; ennek következtében a kilélekzés erősödik, a belélekzés pedig szemlátomást megerőltető. Azután meg a vízben

a csekély megerőltetés is, a minő a sebes úzás néhány méternyire, már a gyakorlott úszónak is lélekzeshiányt okoz, a mely pedig a levegőn való illetén izom munkában alig válnék észrevehetővé. Ilyenkor megkönnyebbülés érezhető, mi helyt az úszó a hátára fordul, mi közben a lélekzés felülete felszabadul a víznyomástól.

A víznyomás a lélekzésen kívül a vérkeringésre is hat; e téren elegendő utalunk Hill és Barnard azon munkájára, a mely a nehézségnek a vérkeringésre való hatásával foglalkozik.

Ha most azt kérdezzük, hogy, leszámítva a már említett fürdő-hatást, minő hatással van az úzás a testre, a felelet rávezet a voltaképi úszó mozdulatok tanulmányozására.

Mindenekelőtt kijelentjük, hogy az úzásra önmagában véve, vagyis a testnek a vízben fenntartására, jóformán minden mozgás fölösleges. Sok fizikai kézikönyvnek a fajsúlyról szóló fejezetében azt is találjuk, hogy az ember teste könnyebb a víznél; Mi e s-nek legújabb vizsgálatai ez állítást megczáfolják. Természetes, hogy ez esetben csak közép-fajsúlyról lehet szó, minthogy a fajsúly a tüdőben levő légmennyiséggel változik. Az emberi test közép-fajsúlya körülbelül 1·03; azonban a legtöbb ember minden bizonynyal könnyebb, mint a föle kiszorított vízmennyiség, mikor a tüdeje levegővel van tele. Ha az ember illetén állapotában huzamosb ideig tudna maradni, minden mozgás nélkül tudna úszni. B r ü c k e joggal mondhatta, hogy az úzás két dologból áll, ú. m. a lélekzéssel való gazdálkodásból és az úszó mozdulatok végzéséből. A mozdulatok másodrendűek, hiszen minden úszó jól tudja, hogy vajmi kevés erőfeszítés kell arra, hogy a vizen épen csak fenntartsuk magunkat. Az ide-oda úzás, a mély vízben való fürdés tehát nem az a gyakorlat, a

melynek az izomzatra különös hatást kellene tulajdonítanunk.

Másként van a dolog az úzással, mint a test továbbmozdításával, a mi már mérsékelt sebesség alkalmazásakor is jelentékeny erőfeszítést kíván. A sebes úzás igen rövid idő alatt a legerősebb egyént is kimeríti, ha nincs gyakorlata benne. Fölmerül a kérdés, hogy mekkora a tovaúzásra fordított munka és megmagyarázza-e az aránytalan nagy megerőltetést?

Az úzás közben végzett munkának pontos megmérése sok okból nehéz feladat; közelítő meghatározást azonban mégis tehetünk, ha megállapítjuk, hogy mekkora munka elégséges, hogy valamely testet a vízben csónakkal ugyanolyan sebességgel vontassunk tova, a minőt a test úzáskor elért volna. Ez érték már azért sem lehet pontos, mert nyugvó testnek a víz iránti ellenállására vonatkozik, az úszó ember teste pedig mozgásban van; továbbá önálló úzáskor a tovaladás lökészerűen történik, a mikor a víz ellenállásának valamivel nagyobbak kell lennie, mint a mekkora egyenes mozgással. A vizsgálati módszernek ez a két hibája azonban valószínűleg ellentétesen hat. A kísérlet kiderítette, hogy a csónak, a mely a kísérleti egyént a vízben magával vitte, nem haladt egyenletesen, hanem lökészerűen nyomult előre, úgy, hogy mozgása nagyon emlékeztet az ember úzására. A kapott sebesség valamivel nagyobb volt, mint a milyen lett volna a kényelmes úzásban, nevezetesen perczenként 48 m. A vontató kötélfeszültségét regisztráló dinamométer jelezte. Az eredmény szabályos hullámgörbét adott, melynek legnagyobb értéke körülbelül 9 kg, legkisebb értéke pedig 8 kg húzó erőnek felelt meg. Hogy a kísérleti egyén a száját a víz fölött tartassa, kénytelen volt a két kezét, melylyel a kötelet fogta, vontatás közben

merőlegesen lefelé tartani. Ettől természetesen nagyobb lett az ellenállás, mint a milyen az úszó embernek rendes testtartása alkalmával. Ily körülmények közt már eleve következtethetjük, hogy a hasznos munka, melyet az úszó ember a továbbúszásra fordít, méterenként 9 mkg-nál nem nagyobb; minthogy 1 méter út megtételére az említett sebességgel  $\frac{3}{4}$  másodperc kellett, ekként az időegységre 7.1 mkg munka jut.

Katzenstein a mérsékelt járás számára, 85 métert számítva percenként, 315.6 mkg munkát talált egy-egy percre, vagy 5.9 mkg-ot egy másodpercre. E szerint a test továbbmozdítására felhasznált munka úszáskor csak 130%-kal nagyobb annál, a melyet percenként 85 m hosszú utat téve, kifejtünk. Ám a percenkénti 100 m sebességgel való, több óráig tartó menés épen nem szokatlan jelenség, holott az említett sebességgel való egy negyedórás úszás már igen megerőltető.

Ez nyilván annak a megfontolására vezet, hogy az úszás akkor is nagy erő-kifejtést kíván, ha a víz ellenállását nem számítjuk. Képzelnék, hogy a kísérleti egyén a szabad levegőn, alkalmasan felakasztva tenné ugyanazokat a mozdulatokat, mint teszi gyors úszáskor: e foglalkozása így is jelentékeny munkát képviselne, bár a továbbhaladás szempontjából semmi hasznos munkát nem végez. E munka meghatározása ismét nehéz feladat; van azonban egyszerű módunk, hogy e mennyiséget legelőbb közelítőleg megbecsülhessük. Tegyük fel, hogy a lábbal való hátrafelé rugás ugyanazzal az erővel történik, mint a melylyel a láb egyenes testtartásban, a mellhez vont állásából kinyújtott helyzetébe esik lefelé: bizonyos, hogy e rugásra ugyanaz a munka szükséges, a melyet a láb súlya esés közben kifejt. Minthogy a láb súlypontja, miként Brauné és Fischer

vizsgálataiból kiderül, e mozgás közben mintegy 0.5 m-rel esik lefelé és a két alsó végtag súlyát bátran tehetjük 20 kg-ra: bizonyos, hogy a két lábbal való rugásra legkevesebb 10 mkg munka vehető fel, a mely kizárólag a test továbbmozdítására használdik fel. Ebből következik, hogy az úszás a továbbmozdulásnak igen gazdaságtalan módja, minthogy nagyobb munkamennyiséget fordítunk az egyes testrészek ide-oda lódítására, mint az egész testnek a vízben való továbbhajtására. Ezt a látszólag okatlanul elpocsékolott energiát meg lehetne takarítani, ha a mozdulatokat úszás közben lassan végeznők, így azután nagyon kevés munkába kerülne, hogy a lábak tömegével csekélyebb sebességgel is ugyanazt a mozgást közöljük.

Ez az okoskodás rávezet azután az úszó mozdulatok mechanikájának alapelveire, hogy t. i. az úszó mozdulatok sikere egyesegyedül a sebességtől függ. A lassú úszó mozdulat, vagy evezőcsapás jóformán mit sem ér. A víz ellenállása körülbelül a sebesség négyzetével növekszik. Mikor a lábat nagyon sebesen rugjuk ki, e mozdulat megfelelő ellenállást vált ki a vízben és, ha a lökés elegendő sebességgel történt, a láb kicsiny felülete akkora ellenállásra talál a vízben, a mely jóval nagyobb annál az ellenállásnál, a mely a nagy testtörzsre csekélyebb sebesség esetében jut. Ezért a láb majdnem ugyanazon a helyen marad, a törzs pedig a vízben elmozdul. Ez az okoskodás adja az úszás mechanikai alapját; ebből válik érthetővé, hogy az úszásban miért csekély értékű a mozdulatok alakja, hiszen nyilvánvaló, hogy ugyanaz a mozgás, az egyik irányban sebesen, a másikban pedig lassan végezve, az egyik oldal felé elmozdulást okoz. Az úszó-iskolában ma is érvényes az az elmélet, hogy a lábszárak összeütésével mindig víztömeget lódítunk hátra-

felé, a melynek visszaütése hajtja előre a testet; ez elmélet tarthatatlanságát a gyakorlati élet minden nap azzal bizonyítja, hogy úszáskor, az egy rúdon lógó úszót kivéve, senki se üti össze a lábát.

Mínthogy az előadottak alapján csak a végtagok hirtelen mozdítása segítheti elő az úzást, a nehéz végtagok hirtelen mozgatása pedig nagy energiakifejtést kíván, ezzel ki van mutatva az is, hogy miért megerőltető az úzás és különösen a sebes úzás. Eddigelé számbeli adatokkal csak annyit mutattunk ki, hogy energiafogyasztás szempontjából másodpercenként 7 mkg hasznos munka kell, a lábak lökésére pedig 10 mkg szükséges. Figyelembe kell még vennünk, hogy a másféle mozdulatok és a fej meg a nyak tartása szintén jelentékeny izommunkát okoz. Mínthogy továbbá a mozgás egy része abban áll, hogy lökés után a lábakat ismét összehúzzuk és a karokat a végzett evezőcsapás megtétele után visszahúzzuk, tehát az úzást elősegítő mozgást úgyis szólván a visszajáról végezzük, a hasznos munka két munkának a különbségeként jelenik meg, a melyek közül az egyik előrefelé, a másik pedig hátrafelé irányul. Az előre irányuló munka jóval nagyobb, mivel a mozgás sebesen történik, a másik munka pedig az összes munkafeszítés gyarapításához járul hozzá. Így azután a legmérsékeltebb úzásokor végzett összes munkát egyenlőnek kell vennünk a leggyorsabb járást kísérő munkával, a mint Z u n t z teszi is. Ily munka végzésekor a lélekző izomzat munkája jelentékenyen gyarapodik és ezért is érvé-

nyesül a víznyomás hatása annál szembeötlőbben. Jóllehet az abszolút munka összege, a melyet a lélekző izmoknak végezniök kell, az összes munkához képest aránylag kevés, de mégis elegendő, hogy az erőltetett úzásnak kiválóan kimerítő hatását megmagyarázza.

Figyelembe véve a testen belül végbenő tömegmozgás fontosságát, magára az összes munka nagyságára vonatkoztatva, nem érdektelen egy pillantást vetnünk a különböző, vízben élő állatok testi alkotására. Nyilvánvaló, hogy az ember a vízben való mozgásra nincs kedvezően alkotva, mínthogy mozgásaiban igen nagy végtagokat gyorsan kell mozgatnia. Az állatok alkotásában az úzás két módon talált megoldásra: vagy az evező felület az összes testhez mérve akkora, hogy lassú mozgáskor is hatni tud, vagy pedig a mozgatandó tagok tömege annyira csekély, az izomzata meg annyira erős, hogy az igen gyors mozgást kibírja. Erre igen jó példát találunk az úszólábú emlősökön. A békáról, a melynek úszása az összes állatok közt legjobban hasonlít az ember úzásához, elmondhatjuk, hogy lábának úszóhártyával való megnagyobbítása egymagában még nem teszi kitűnő úszóvá; erre jól kifejezett lábizomzat is kell. Ugy látszik, hogy a békának ugrásra rátermettsége úzásban való készülségének utólagos terméke. A varangy, a mely nem él a vízben, úzás dolgában nem mérkőzhetik a békával. (Naturwissenschaftliche Rundschau, 1904. évf. 25. sz.)

## TERMÉSZETTUDOMÁNYI MOZGALMAK.

### A telefonálás határának tágítása.

A nagy távolságra való telefonálásban, vezetőül közönséges drótot alkalmazva, csakhamar tapasztalták, hogy a beszéd hangja gyöngül, sőt mintegy 50 kilométeren túl már érthetlenné is válik. A beszédben közreműködő, már magában véve sem nagyon erős váltakozó áram ugyanis a telefonvezetékben »csillapul«, még pedig annál nagyobb mértékben, minél hosszabb a vezeték.

Az elméleti számítások kiderítették a káros hatás okait: ezek egyrészt a hosszú levegő-vezetéknek és különösen a kábelnek elektrosztatikai kapacitása, másrészt a vezeték ellenállása. Az elektromos hullámnak tovaterjedése valamely vezetékben nem más, mint elektrokinetikai energiának elektrosztatikai és mágneses energiává való folytonos átalakulása. Minél nagyobb a vezeték kapacitása, annál nagyobb az ezen átalakulás folyamán keletkező mellékáram intenzitása és így annál nagyobb az energiavesztés, melyet a Joule-féle törvény megszab. A Joule-féle törvény szerint az elektromos energia a vezetőben hőenergiává alakul át, még pedig az áram intenzitásának négyzetes értékével arányosan, így tehát nagyobb intenzitás mellett jelentékeny elektromos energia-vesztés áll elő. A vezeték ellenállása annál nagyobb, minél hosszabb és minél vékonyabb a vezető drót.

Az említett káros hatásokon különbözőképp lehet segíteni, de gyakorlatilag nem mindenik mód kielégítő.

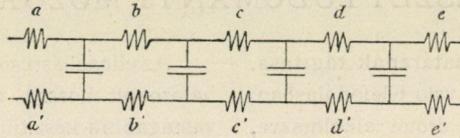
Az ellenállást csökkenthetjük, ha meghatározott hosszú vezetékhez a drótot vastagabbra készítjük. Igen ám, de a drót vastagságával növekszik a vezeték kapacitása, a mi azután ismét a telefon áramát csillapítja, így a beszéd hangját tompítja. A nagy hosszúságú vezeték ellenállását csökkenthetjük az által is, hogy a drótot jobb minőségű, úgynevezett jobb-vezető anyagból készítjük. Itt meg a nagy költség az elijesztő, mert a jó vezetőanyagok a drága fémek között foglalnak helyet. Az ily vezetékek nagy távolságon valóságos fényűzési cikkek lennének, a melyek üzleti szempontból épen séggel nem felelnének meg a követelményeknek. A Berlin és Páris közt levő *közvetlen* telefonvezeték hossza (oda és vissza) kétszer 600 kilométer; anyaga bronz, vastagsága 5 mm, tömege körülbelül 4000 métermázsa. Eddig a leghosszabb közvetlen telefon vonal Páris és Róma, New-York és Chicago között volt; mind-egyikének hossza kétszer 800 kilométer. A bronz nagy ára és a nagy vastagság miatt ezek a legdrágább telefonösszekötetések. Az Északamerikai Egyesült-Államokban most terveznek egy 5000 kilométeres közvetlen telefonvonalat New-York és St. Francisco között

A kapacitás káros hatását azzal is ellensúlyozhatjuk, hogy a vezeték öndukcióját, más szóval, elektromos tehetlenségét jelentékenyen növeljük. Ez esetben a mellékáram intenzitását és ezzel együtt a Joule-féle hővesztéséget is

csökkentjük. Így járt el M. P u p i n, a Columbia-egyetem tanára New-Yorkban, s ezzel a helyes utat meg is mutatta. Övé az érdem, hogy az elmélet felismerte elvet — a segédeszközök alkalmas választásával — nagy technikai czélokra alkalmazhatóvá tette.\*

P u p i n a vezeték önindukcióját nagyon jelentékenyen növeli az által, hogy a vezetéket több helyen megszakítja és ott nagy önindukciójú dróttekeréseket kapcsol be. E berendezések jó oldala, hogy a vezető kapacitása nem növekszik.

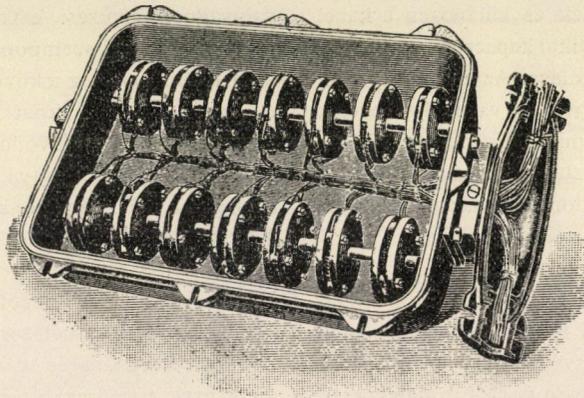
P u p i n  $a, b, c$ , stb. indukziós te-



1. ábra. P u p i n-féle hálóalakú vezeték.

kerccsel fölszerelt hálóalakú vezetéket (1. ábra), melynek kapacitása, ellenállása és önindukciója egyenlőtlenül elosztott, egyenletes vezetékkel, a telefon vezetékkel kapcsol össze, a mely tehát hosszegységként ugyanegy értéket ad. A hálóalakú vezeték hét pár tekercsből áll, a

melyek P u p i n szerint legczélszerűbben nagyon finom drótból álló vasmagvak, kellőképen elszigetelve és szekrényben elhelyezve (2. ábra). Ez a P u p i n-féle indukziós orsó. Az előbb említett berendezésben irányadó a Pupin-orsóknak önindukciója, egymástól való távolsága és



2. ábra. P u p i n-féle indukziós orsó.

a vezetéken közvetített elektromos hullámok között fennálló viszony.

Ha tehát a Pupin-orsóknak önindukcióját és egymástól való távolságukat úgy határozzuk meg, hogy a vezetékben haladó elektromos hullámok egyetlen egy

helyen sem »verődnek vissza«: czélunkat elértük, annál inkább, mert az önindukciót kellőképen nagyobbítván, a beszélő-áram különböző rezgéseinek egyenletes csillapítása áll elő, a mi az átvitt beszédnek tisztaságára nagy jelentőségű. A nem a kellő helyen bekapcsolt Pupin-orsó nemcsak hogy nem javítja a

\* Elektrotechnische Zeitschrift. 1902. 1059. 1.

telefonozást, hanem értelmetlen közlést vezet tovább, miként a kísérletek ki is mutatták.

Pupin az első kísérleteket, a melyek elméleti okoskodásait és számításait megerősítették, laboratóriumában végezte (1900). Különbféle mesterséges kábeleket készített, s indukciós orsóval és a nélkül telefonált rajtok. A kísérletek és számítások megegyeztek. Így például egy 110 angol mérföldes (körülbelül 177 km) kábelben át már a beszéd kitünő berendezés mellett sem volt megérthető; de mikor az indukciós orsókat a vezetékbe az elméletnek megfelelő elosztás szerint bekapcsolta, minden hangot és beszédet a legtisztábban meg lehetett érteni.

Még fényesebben igazolták a Pupin-féle elméletet azok a kísérletek, a melyeket a Siemens és Halske berlini cég telefonkábelén gyakorlatilag végzett.

A Berlin és Potsdam között fekvő telefonkábel (földalatti vezeték) 32·5 km hosszú; van 28 kettős vezetéke, 1 milliméteres vastagságú vezető dróttal. A kettős vezetékek közül 14-et Pupin-orsókkal láttak el, a melyek egymástól 1·3 km távolságban voltak. Ez orsók tekerceinek méreteit úgy választották, hogy a méretek a vezetőkben keltendő elektromos hullámoknak feleljenek meg, miként az elméleti számítás is kívánja. Itt minden egyes tekerce ellenállása 4·1 ohm, önindukciója 0·062 henry volt. A többi 14 párt eredeti állapotában hagyták. Most mind a kétféle vezetéken beszéltek s a két beszéd közt a különbség meglepő volt. A főszerelt kettős vezeték közül ötöt egymásután kapcsolva, tehát  $5 \times 32\cdot5 = 162\cdot5$  kilométer távolságban beszélve, ugyanoly tisztán hallottak mindent, mint a föld nem szerelt 32·5 km-es vezetéken. Azután bekapcsoltak egymásután 13 kettős vezetékét, s akkor is, a  $13 \times 32\cdot5 = 422\cdot5$  kilométeres távolságban, habár gyenge, de gyakorlatilag még mindig felhasználható

s megérthető volt a feladó állomás beszéde.

Az 1905. évi januárius hó 1-jén megnyitott bécs-innsbrucki telefon-kábelvonalon szintén Pupin-féle orsót alkalmaztak, ezúttal Ausztriában első ízben.\* E vonal egyenes távolsága 570·7 km. Hogy az eddig tapasztaltak alapján kellő hangerősségre tehessenek szert, legalább is 4 mm vastag bronzdrótot kellett volna alkalmazniok. A Pupin-orsó alkalmazásával, az előzetes számítás szerint, a 3 mm-es vezeték is megfelelő. Ez úton bronzban annyit megtakaríthatni, hogy az orsóknak és főszerelésüknek költsége az így kapott összegnek alig számbavehető része. A bécs-innsbrucki földalatti vezetékben kettős orsók vannak, egymástól 1250 m-es közepes távolságban, melyek mindenikének ellenállása 2·5 ohm, önindukciója 0·2 henry. A berendezés minden tekintetben kielégítő.

A levegőben kifeszített vezetékekre vonatkozó első nagyobb szabású kísérleteket a Berlin és Magdeburgot összekötő 150 kilométeres bronz szabad vezetéken végezték, a melynek átmérője 2 milliméter. A kellő méretű (6 ohmos és 0·08 henrys) Pupin-orsókat egymástól 4 kilométer távolságban kapcsolták be. Az eredmények azt bizonyították, hogy az említett 2 mm-es vezetéken ép oly jól, sőt még nagyobb hangerősséggel lehet telefonálni, mint a 3 mm-es föld nem szerelt vezetéken.

Nagyon tanulságosak azok a kísérletek, a melyeket a fennemlített bécs-innsbrucki vonalnak levegőbeli vezetékén tettek ugyancsak 3 mm vastagságú bronz dróttal. A vezeték kettős volt, 4 km távolságban egy-egy Pupin-orsóval főszerelve, a melyek mindenikének ellenállása 1·2 ohm és önindukciója 0·08 henry volt; továbbá az egész berendezés oly termé-

\* Zeitschrift für Elektrotechnik. 1905. 189. l.

szetű volt, hogy tetszés szerint használhatták a vezetéket orsók nélkül, vagy pedig tetszőleges számban és sorrendben orsót kapcsolhattak be. A kísérleteket a legkülönbözőbb módon végezték, s arra az eredményre jutottak, hogy ha minden második orsót kapcsolják be (tehát 8 kilométeres orsótávolságot használnak), a hangátvitel — gazdasági szempontból — körülbelül a legkedvezőbb. Mert a mikor minden Pupin-orsót bekapcsoltak, a hangátvitel csak jelentéktelenül erősödött, s most sem lehetett beszélni 1000 kilométernél nagyobb távolságra, ép úgy, mint előbb. A nagyobb távolságot mellékállomások bekapcsolásával érték el.

Az itt említettekén kívül még más kísérleteket is végeztek (így pl. nevezetesen Hayes kísérletei Amerikában), a melyek eredményét a következőkben foglalhatjuk össze: A Pupin-féle orsó a kábelvezetékben nemcsak jelentékenyen emeli a hang erősségét, hanem egyúttal kisebbiti a beszéd eltorzítását is, a mi a kábel nagy kapacitásának a következménye; levegőben való vezetéket alkalmazva, a Pupin-féle orsó csak a hang erősségét emeli. Más szóval Pupin rendszerének alkalmazása kábel vezetékben a beszédet minőségileg is, mennyiségileg is javítja; szabad vezetékben azonban csak mennyiségileg.

Ez az oka, hogy az orsó bekapcsolása a *szabad vezetékben* gazdasági szempontjából ma még nem kielégítő; legalább az eddigi kísérletek eredményeit gazdasági szempontból óvatosan kell fogadnunk.

Nem kell bővebben magyarázni, mily nagy annak a gazdasági fontossága, ha pl. 3 mm vastag drót helyett 2 mm-est alkalmazhatunk, s ugyanazon eredményre jutunk. A Pupin-féle orsók előállításának költsége aránylag oly csekély, hogy — főleg nagy távolságoknál — jelentékeny megtakarítást érhetni el. Ez mindenesetre

oly körülmény, a mely a telefonozásnak újabb lendületet ad.

SZÉKERES KÁLMÁN.

#### A gombák élősködésének eredete.

Egyes kutatók már több ízben foglalkoztak azzal a kérdéssel, hogy bizonyos élősködő gombák miért fertőznek, illetőleg miért támadnak meg csak meghatározott növényfajokat. Habár több eset ismeretes, hogy élősködő gombák spórái akadálytalanul csiráznak különféle növényeknek nedves felszínén, fertőzés azonban csakis akkor következik be, mikor a csirázó spórák olyan növényeken foglalnak helyet, a melyeken élősködhetnek. Az illető gombafajok ilyen válogató tehetségét legújabban George Masee jeles angol kutató tanulmányozta behatóbban és a válogatást kísérletei eredményeképen az illető gombák chemotaxisának tulajdonítván, erre nézve behatóbb tanulmányokat folytatott.

Masee a kísérleteknek egész sorozatát végezte különféle gombafajokkal, még pedig szaprofitákon kívül fakultatív és obligát élősködőkkel, a melyekből bőségesen gyűjtötte az idevágó becse adatokat. Úgy látszik, az anyagoknak chemotaktikai tulajdonságuk rendszerint a sejtnedvben fordul elő; mint ilyen említhetők: a saccharóze, a glukóze, az asparagin, az almasav, az oxálsav meg a pectóze. Olyan esetekben, a mikor a sejtnedvben foglalt, föltételezett chemotaktikai hatású anyagokat, vagy az anyagok keverékét nem lehetett megszerezni, a kísérlet céljaira a növények kisajtott nedvét használta fel a viselkedés megállapítása végett.

A végzett kísérletek bizonyították, hogy a szaprofiták meg a fakultatív élősködők határozottan chemotaktikusak voltak a saccharóze iránt és ez az anyag a legtöbb esetben egymagában elegendő, hogy a fakultatív élősködők myceliuma az illető növény szövetén keresztülhatoljon, ha-

csak ebbeli törekvésében a sejtnedvben jelenlevő hatásosabb negatív chemotaktikai, vagyis növekedését gátló anyag nem akadályozta.

Példaképen fölemlíthető a *Botrytis cinerea*, a mely gombafaj sokféle növényt szokott megtámadni, de sem ő, sem más jól ismert élősködő gombák nem bírják az almafát megfertőzni, noha a saccharóze jelen van, mert a negatív chemotaktikai hatású, vagyis a *Botrytis myceliumára* nézve növekedést gátló anyag, az almasav, szintén jelen van.

Az obligát élősködők eseteiben a legtöbb gazdanövény sejtnedve a leghatározottabb pozitív chemotaktikai hatást nyilvánítja. Az almasav az a sajátszerű anyag, mely a *Monilia fructigena* myceliumát szintén vonzza a fiatal alma belső szövetébe; a pectáze szintén ugyanilyen hatással van a *Cercospora cucumis* gombafajra, az ugorkának obligát élősködőjére.

Az immunis növényfajok, szembe állítva azokkal, melyeket valamely obligát élősködő gomba támad meg, immunitásukat az élősködők iránt a chemotaktikai anyag hiányának köszönhetik.

Tisztán szaprofita gombák *élősködők* névelhetők, ha spóráikat olyan élő levelekre juttatjuk, melyeket előbb a kísérletül szolgáló gombára nézve pozitív chemotaktikai hatású anyaggal telítünk (injectio). Ily módon valamely élősködő gomba több *ellérő fajú* gazdanövényt is fertőzhet, illetőleg megtámadhat.

E kísérletek határozottan bizonyítják, hogy a gombák élősködése szerzett sajátosság. A kísérletek sorozatából az is kitűnik, hogy a növények fertőzése főképen éjjel, vagy pedig borult, felhős időjárásakor következik be; ez a jelenség a sejtek nagyobb duzmadtsági állapotában találja magyarázatát, mikor is a nagyobb czukortartalom meg más chemotaktikai anyagok jelenléte fokozza a

hatást. (Philosophical Transactions of the Royal Society London. CXCVII.)

TÉTÉNYI.

**Sajátszerű gombarendellenességek.** Ludwig F. többek között olyan gombarendelleneségeket ismertet, melyek nemcsak morfológiai tekintetben érdekesek és tanulságosak, hanem a gombák phylogeniája szempontjából is figyelemre méltók. Az *Agaricineae* csoportbeli lemezes gombáknak (pl. a csiperkének) polyporoid kifejlődése, a mikor t. i. a termőtest alja sugaras lemezek helyett likacsos szerkezetű, már régebben ismeretes. Ludwig ezúttal a régebben *Polyporus agaricinicola* néven leirt képződményt helyesbíti, a melyet egyszerűen az *Agaricus pantherinus* Sacc. polyporoid fejlődésű alakjának tekint. Hasonlóképpen a *Tremella mycetophila* Peck. gombafaj, melyet azelőtt Burt a *Collybia dryophila* élősködőjének tekintett, csakis ez utóbbi gombafajon észlelt rendellenes szerkezetű kinövésként tekinthető. Az ilyen polyporoid termőtestek sajátszerűek a tömlősgombák körében, miként Möller braziliai gombákon tapasztalta,\* annál is inkább, mivel ezt a szerkezetet négy *Ascopolyporus*-fajon normálisnak találta; Ludwig ugyanezt a jelenséget több évben egymás után a *Peziza* génuszon figyelte meg; Rehm ezt az alakot (in lit.) *Peziza pustulata* var. *Ludwigii*-nek nevezte el.

Olyan rendellenességeket is ismertet Ludwig, mikor az *Agaricineae* csoportbeli gombák termőteste másodlagos, azaz elágazó tönkön\*\* viselt gombakalapot, vagy pedig tönktelen volt. A *Hebeloma* egyik példányának rendes kalapján fordított helyzetű tönkös kalap volt, ez utóbbiból pedig egy harma-

\* Phycomyceten und Ascomyceten; Untersuchungen aus Brasilien. Jena. 1901.

\*\* Filárszky N., Rendellenes alakítású gombák. Pótfüzetek XXX. 1901. 195. l.

dik tönkös kalap nőtt ki: valamennyi kalap fonákján szabályszerű lemezek voltak kifejlődve. Ilyen képződmények, minő a rendes *Polyporus ramosissimus* és hasonlók rendellenesen jelentkeztek a *Hydnum repandum forma polycephala* Ludw. nevezetű gombán. TÉTÉNYI.

**Parthenogenesis a Gnetum Ula Brog. növény életében.** L o t s y vizsgálatai szerint e növényfaj csirái parthenogenesis útján keletkeznek. Szerinte a csiratömlőben falmelléki protoplazma van, melyben sok a sejtmag. Ezek a sejtmagvak többé-kevésbé szabályosan oszolnak el a falmelléki protoplazmában és nem venni rajtok észre az ivari és tenyészet magvakra való elkülönülést. Mindazonáltal az alsó részében csakhamar tömör sejtömeg keletkezik, a felső részben pedig vagy még szabad sejtmagvak foglaltatnak, vagy egyidejűleg az alsó részben végbemenő előtelepképződéssel, parthenogenetikus módon tovább fejlődnek. A parthenogenetikus eredetű csirák sokaságából később csak egy fejlődik ki tökéletesen. Nincsen eldöntve, vajjon a fejlődésnek e módja a *Gnetum Ula*-ra nézve rendes e, avagy nem a nucellus-betegség következtében előálló kényszerült fejlődés-e. Ezzel kapcsolatosan L o t s y, spekulatív eszmemenettől vezéreltetve, a csiratömlőben termékeny és meddő részeket különböztet meg a *Gnetum*-ban, nemkülönben a zárvatermők (Angiospermae) osztályában; ezzel a Gnetaceák és a zárvatermő növények közös eredetét a valószínűség jellemével ruházza fel. TÉTÉNYI.

A szelén elektromos vezetése és a fény. Ismeretes, hogy a szelén-czella, a fénynek kitéve, elektromos ellenállását változtatja. E jelenséget Bidwell nyomán 1895. óta azzal magyarázták, hogy a szelén-czellában mindig szelénvegyületek vannak jelen, minthogy minden tisztátalanságtól teljesen mentes szelén nincsen. A szelén-czellák elektromos vezetése Bidwell szerint elektrolites természetű. A szelén maga ugyanis nagyon rosszul vezeti az elektromosságot, a szelénvegyületek pedig aránylag jól vezetnek; a napfényen a szelén a fémmel szelénvegyületeket alkot, a melyek azután jól vezetnek az elektromosságot.

Berndt újabb vizsgálatai szerint\* e magyarázat nem állja ki a kísérlet tűzpróbáját. Berndt a következőleg okoskodott: Szerkeszszünk olyan szelén-czellát, a melynek elektródjai nincsenek fémből, tehát a szelénnel vegyületet sem alkothatnak; természetes, hogy, ha a Bidwell-féle elmélet helyes, a fénynek nem lesz hatása az ilyen czellára. E célra Berndt elektródul a szenet használta. A kísérletből kitűnt, hogy a szelén-czella, a fény hatásának kitéve, akkor is erősebben vezette az elektromosságot, mikor szénelektrodjai voltak. Ebből nyilván következik, hogy a szelénvegyületek és a fényhatás közt nincs kapcsolat. Berndt úgy vélekedik, hogy a jelenséget a szelénnek valamely eddig ismeretlen módosulata idéz elő. +.

\* Physikalische Zeitschrift, 1904. évf. 121. l.

**Hibaigazítás.** A Pótfüzetek februáriusi füzetében a Vénus keringésidejéről szóló közleményben az utolsó bekezdésig a »keringési idő« mindenütt »forgási idővel« és a »keringési sebesség« forgássebességgel helyettesítendő.

Megjelenik évenként  
négy füzetben, há-  
rom nagy nyolczadrét  
ívnvi 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-  
mészettud. Közlöny-  
nyel együtt, 12 K.

XXXVII. KÖTETHEZ. 1905.

NOVEMBER

4. (LXXX. PÓTFÜZET.)

### A klíma története.

Az 1904. év nagy szárazsága sok emberben keltette azt a meg-  
győződést, hogy a klímának időszakos változásai vannak. Öreg emberek  
arra is emlékeztek, hogy mikor volt utoljára ilyen istencsapása, mások  
hajlandók voltak a napilapok hasábjain a jövőre is efféle jóslatni. A  
meteorologia azonban ennyire még nem vitte. Valószínűnek mondja  
ugyan, hogy a jelenben is rövidebb időközökben ismétlődik a hasonló  
klíma, de a megfigyelések rövidege lehetetlenné teszi még most is e  
kérdésnek végleges eldöntését.\*

Nem ezekről a rövid klímaingadozásokról kívánok megemlékezni,  
hanem azokról a nagy változásokról, a melyek mindegyike az évek millióit  
öleli fel, s a melyek utolsójának eredménye volt az úgynevezett jégkorszak.

Általánosan elterjedt nézet, hogy a Föld melege az első geológiai  
korokban önmagától való volt és csak a kihülés későbbi időszakaiban  
kezdett mindjobban uralkodni rajta a Nap melege. A klíma története  
tehát ez elmélet szerint is elválaszthatatlanul egybe van forrva a Föld  
történetével. Az utóbbi igaz, de az előbbi nem. Az elméletek ebben a  
kérdésben annyira megelőzték a tényeket, hogy voltaképen csak találgat-  
ások. Addig, a míg az egész Földet legalább átnézetesen nem ismerjük  
geológiailag, a klímaváltozások kérdését az elméletek egy lépéssel sem  
viszik előbbre, legföljebb a képzelődést gyönyörködtetik.

A dolog természetes rendjénél fogva mindenekelőtt kiterjeszkedünk  
a geológiai tényekre, a mennyit a kutatások eddig összegyűjtöttek, azután  
pedig keresni fogjuk az elméletekkel való összehangzásukat.

#### I.

Mindennek, a mi az ember fogalma szerint régi, az eredete homá-  
lyos. A szerves élet keletkezéséről semmi tény sem áll rendelkezésünkre.

\* Brückner, Der Einfluss der Klimaschwankungen auf die Ernteerträge. Het-  
ner's Geogr. Zeitschr. 1895. — Klimaschwankungen seit 1700. Penck's Geographische  
Abb. 1890.

A szerves élet ős, vagy palaeozoi korszakát onnan számítjuk, mikor az ismert legrégebb állatfaj megjelent. Csakhogy ez az állatfaj, a *Lingulella ferruginea*, a kagylókkal rokon Brachiopodák rendjébe tartozik, tehát felsőbbrendű szervezet képviselője. A *Lingulella ferruginea* megjelenéséig tehát már nagyon hosszú időn át tartott az »ős« korszak, talán hosszabb időn át, mint a mennyi azóta a mai napig eltelt. Igen helyes ez okból az azói és palaeozói korszakok közé egy prepalaeozói korszakot (geológiai nyelven csoportot) helyezni. A palaeozói korszakot az ősrákok, az utána következő közép vagy mesozói korszakot az Ammonitesek, a tengeri és óriásgyíkok, az új vagy kainozói korszakot pedig az emlősök uralma jellemzi.

A geológiai korszakok a szerves világ fejlődéstörténetének egy-egy fejezetei. A szerves világ fejlődésében valamint ma, úgy a régmúlt időkben is mindig nagy tényező volt a klíma. A szerves világ alkalmazkodik a külső körülményekhez, melyek között a klíma elsőrendű fontosságú. A klíma hatása első sorban a szerves élet helyfoglalásában, az állatok és növények földrajzi elterjedésében nyilvánul. Ha tehát a geológiai korszakok klímáját akarjuk rekonstruálni, első sorban az állatok és növények földrajzi elterjedésének történetét kell tanulmányoznunk. A milyen csábítóan érdekes, épen olyan nehéz ennek a kutatása. Európán kívül ugyanis csak egyes adataink vannak az elterjedés történetéhez, s így voltaképpen a feladat ma még megoldhatatlan. Neumayr és Suess eszmékben és új irányokban dús működésén kívül alig néhány kutatónk vállalkozott csak segítséget nyújtani e kérdés megvilágításában.

A geológiai klíma nyomait másodsorban az egykori glecserek hagyták hátra. A klíma hűvösödésével természetesen az örökös hó határának lejjebb nyomulása jár karöltve. A glecserek a melegebb klíma újra beálltával visszahúzódnak ugyan, de ősi helyöket és határaikat állandóan megismerhetőkké teszik, akár csak egy maximum-thermóméter. A határkövek szerepét itt a morénák játszzák, azok a kőtörmelékekből álló szalagok, melyeket a glecser czipel magával a fenekén és az oldalain.

Ujabbban olyan elméletet is állítottak fel a klímaváltozások okainak magyarázására, a mely a vulkánok működésének történetén alapul, ezért, az új irányt felkarolva, ki kell terjeszkednünk a különböző geológiai korok tűzhányóira is.

A Föld történetén e három nézőpontból futtatjuk most végig tekintetünket.

**A szerves élet őskora.** A palaeozoi korszak állatföldrajzi viszonyait nagyon kevésbé ismerjük. Annyi valószínű, hogy a karbon korig klímáöveket megkülönböztetni nem lehet. Azt már Boué és Buch is sejtette, hogy a paleozoikumban egyenletes meleg klíma uralkodott. Neumayr, mikor palaeoklimatológiai tanulmányait megkezdte, abból a felfogásból

indult ki, hogy a mai trópusi tengerekre jellemző korálok a karbonban a legmagasabb északon, a Spitzbergák vidékén is éltek.

Buffon vetette föl először a gondolatot, hogy a szerves életnek a Föld sarkain kellett keletkeznie, hol először voltak meg a lét föltételei. Ezt, ha be nem is igazolták, de valószínűvé tették Jaeger, Wallace kutatásai, de főképen a számos adat, mely szerint ugyanazon állatnemek az északi féltekén a sark felé hamarabb jelentek meg, mint az egyenlítőn. A déli sark ebben a tekintetben is ismeretlen még. Az állatnemeknek dél-felé való húzódásából azonban nem lehet következtetni, hogy a sarkok felől valamikor állandó és következetes lehülés volt. A legősibb fajoknak az egyenlítő körül kellene most élniök, valójában azonban Ausztráliában találjuk őket. A vándorlásnak ez az iránya biztosan megállapítható a harmadkor elejétől, de nem a karbon-tól, miként Neumayr gondolta. A Liphistidák, az egyedüli pókok a karbonban, most csak a Szundaszigetek egyikén találhatók. Nagyon hasznos, földérítő munkát végezne, a ki arra az óriási munkára vállalkoznék, hogy a nagy számban összegyűlt palaeontologiai adatokat feldolgozná, olyan módon, hogy legalább annyira, a mennyire mai adataink megengedik, áttekinthetnők a régi geologiai korok állatföldrajzi viszonyait.

Hogy a kambrium-silurban egyenletes meleg uralkodott, azt bizonyítja több fajnak, így például a *Spirifer Verneuli*-nak az egész Földön való elterjedése. A régibb palaeozoikumban a tengeri állatok egyenletesen terjedtek el az egész Földön.

A palaeozoikum első fele vulkáni kitörésektől majdnem egészen mentes, de közvetlen előtte a praekambriumban tömeges kitörés volt. Erupciók csak a silur végével kezdődnek, a devonban pedig intenzívebben folynak. A karbonban abbanmaradnak a vulkáni kitörések. Ezt a kort egyfelől erős mészrétegek lerakódása, másfelől gazdag szerves élet és az ennek nyomában járó óriás széntelepek keletkezése jellemzik. A karbonflóra arra vall, hogy a klíma akkor is egyenletes meleg volt, de nem forró, mint a milyenek csak a nagy szárazulatok belsejében lehetnek. Halottunk ugyan egyes adatokat a karbonflóra klimatikus öveiről, de ez adatoknak még nincsen meggyőző erejük.\* A karbon palaeogeografiájából csak annyit sejtünk, hogy a déli félteke nagy részét, a mai Braziliától Ausztráliáig terjedőleg, szárazulat foglalta el. Ezt az »indo-afrikai« szárazulatot hosszan elterjedő földközi tenger választotta el a három kisebb arktikus szárazulattól. Európában, és valószínűleg a még kevésbé ismert »indo-afrikai« szárazulaton is nagy hegygyűrődések keletkeztek, a mivel karöltve járt a hegységek gyors pusztulása, vagyis nagymennyiségű

\* Mojsisovics szerint a növényzet a karbon és jura közötti időben az egész Földön körülbelül hasonló volt. (Mémoires Acad. St. Petersburg.)

törmelék. A törmelékes kovasavas vegyületek karbonatizálása a rendkívül nedves klíma következtében (miről a gazdag karbonflóra tesz tanúságot) gyorsan ment végbe.

Tudjuk, hogy a levegőben levő széndioxidnak legnagyobb része vulkáni exhalációból származik. Az így kiszabaduló széndioxidot a növényi élet emésztí fel. A karbon-kor gazdag flórája természetesen óriási mennyiségű széndioxidot emésztett fel, a pótlásra hivatott vulkáni működés pedig hiányzott.

A hegyek lehordásával járó kémiai folyamatok ugyancsak nagymennyiségű széndioxidot vontak el, s így a levegő széndioxidtartalmának igazán nagyfokú megcsappanását kell föltételeznünk.

A karbonkorú szárazulatok és tengerek, bár alkalmasak a nedves, egyenletes klíma fenntartására, lehetetlenné teszik, hogy a klímában, ha a maihoz hasonló mértékben nem is, de kevésbé jelentékeny vagy lokálisabb eltérések az egyenletes klímától ne állottak volna be.

A karbon-szisztéma végével mindenesetre a klímának is meg kellett változnia, másképen alig tudnók megmagyarázni a szételepek képződésének kimaradását. Még a középső karbonban is dús növényzet fődte az alföldeket, de a vége felé már a szételepek képződése lassabban történik, a telepek vékonyodni kezdenek, s a következő diász-szisztémában már egészen el is maradnak. Nemcsak hidegebbnek, de szárazabbnak is kellett lennie ekkor már a klímának.

A tengerek faunájában elterjedési területek bukkannak elő, a melyek eléggé különböző jellemvonásúak. Megváltozik a szárazföldi flóra is, és a gymnospermák, nevezetesen a coniferák és cycadeák hátraszorulnak.

A szerves világ köréből vett közvetett bizonyítékokhoz még a glecsernyomok is járultak. A perm-korú kavicsokon többször találtak már határozottan glecser eredetű karczolásokat a Föld egyes helyein. Frech Kaukázsiában az Aragua-völgyben,\* mások Dél-Afrikában, Pandsabban, a Dravida-földön, Ausztráliában találtak ilyeneket. Koken és Noetling Salt-Rangebán\*\* glaciális permkorú márgát (Geschiebe-Mergel) fedezett fel, Oldham pedig New-South-Walesben egész egy tonna súlyú glecser hordta törmelékdarabokat talált. Oldham e glecserek fekvésviszonyaiból arra következtet, hogy úszó jéghegyek szállították oda. Sokkal kevésbé biztosak azok az adatok, melyek egyrészt az északi félteke palaeozoi glecsereire (Norvégia, Westphalen), másrészt a délafrikai úgynevezett Dwyka-konglomerátra vonatkoznak. Délamerikában, bár az akkori fauna és flóra nem zárja ki lehetőségét, ilyen eredetű törmeléket eddig még nem talál-

\* Lethaea paleozoica, 582. lap.

\*\* Centralblatt für Mineralogie etc. 1903.

tak. Stapff ezért nem is habozik kijelenteni, hogy a Dwyka-konglomerátot nem tartja glaciális eredetűnek.

Mindezekből kitűnik, hogy a palaeozoi éra végével korántsem volt az egész Földön egyenletes klíma, hanem már kialakultak egyes klímaövek. A klímaövek határaitól és természetéről bizonyosat azonban nem tudunk. Vannak ugyan egyes kutatók, a kik időszakos kisebb ingadozásokról is akarnak tudni, de ahhoz bizonyítékot alig tudnak ma még találni. Így Frech két permkorú lehülésről beszél;\* az egyik szerinte a perm legelején állott be, de nagyon rövid ideig tartott, mert a középső rotliegendében (alsó-perm) erős vulkáni működés volt. A vele járó exhalációk nagy széndioxid mennyisége csakhamar ismét egyenletes klímát alkotott. A második és nagyobb lehülés a felső-permben történt, mikor két klímaöv alakult. A második jégkornak — Frech szerint — az armorikai és variscziai hegygyűrődésekkel kapcsolatos vulkáni működés exhalációja vetett véget.

**A szerves élet középkora.** A szerves élet középkorának első szakaszát, a triászt, az összefoglaló kutatások nézőpontjából bizvást az őskorhoz számíthatnók, annyira kevésbé ismeretes. A geológusok általánosan úgy tartják, hogy biológiai-földrajzi határok a triászban nem állapíthatók meg. Az egyenletesen elterjedt szerves világról Mojsisovics szól a szentpétervári akadémia Mémoires-jában. Mojsisovics a Pseudomonotis ochotica-t hozza fel például, mint a mely triász-kori faj a Föld különböző pontjairól, a Csendes-óceán körül az összes sík tengeri képződményekből egyformán ismeretes.

A cycadeák, a melyek ma a trópusokat jellemzik és csak kivételesen nyúlnak a subtropusú vidékekre át, a triászban és az idősebb jurában is általánosan el voltak terjedve. A Ferencz József-földön a Stephenfoknál fedezték föl eddig a legészakibb mesozoi képződményeket, s bennök is cycadeák maradványait találták (Nathorst).

A triász-szisztéma palaeogeografiájáról sokkal többet nem is tudunk, mint hogy a felső-triászban még föltétlenül egyenletes trópusi klímának kellett uralkodnia. Nagy szeretettel foglalkozott és foglalkozik a jelenben is a geológia a jura biológiai-földrajzi és klimatológiai viszonyaival, már mint a kettőnek összefüggésével. Ennek a szeretetnek megteremtése Neumayr-nak, az élete derekán elhunyt osztrák geológusnak érdeme, a ki méltán rászolgált, hogy nevét Zittel és Suess-é mellé írjuk. Neumayr egyik díszje volt a bécsi iskolának abban az időben, mikor nálunk Szabó, Hantken, Böckh, Koch, Hofmann stb. egyesült erővel megteremtették a magyar geológiát. A magyar geológiá-

\* Zeitschrift d. Ges. f. Erdkunde. 1902.

hoz nem kevés köze volt Neumayr-nak is, hiszen az ő munkájának legalább felét a magyar föld adta.

A mezozoikumban biológiai-földrajzi, illetőleg klimatológiai különbségek ügyében először Roemer Ferdinánd kutatót,\* előtte pedig ilyen gondolattal már Buch és Boué is foglalkozott. Roemer-nek feltűnt, hogy Északamerika északibb vidékeinek krétakori faunája nagyon elüt az ugyanazon korbéli texasi faunától. Európában is ugyanazon ellentétet találta meg északi és déli Európa krétakori faunájában.

Lehet, hogy Roemer fölfedezése csábította Neumayr-t, hogy e különbségeket visszafelé menve az idősebb geológiai korokban is kutassa, lehet, hogy maga bukkant rá beható jura-tanulmányainak végzésekor: de már előtte Marcou is sejtett klimatológiai különbségeket a jurában.

Neumayr kizárólag zoogeográfiai alapra támaszkodva,\*\* megszerkesztette az első palaeoklimatológiai térképet, mely a fiatalabb jura klímáöveire vonatkozik. Neumayr szerint a jurában *három* állatföldrajzi öv volt, legegyszerűbb magyarázattal, mint a klímáövek következménye. Ez a három öv: 1. az alpin-mediterrán, 2. a középeurópai, 3. a boreális. Az alpin-mediterrán övet a *Phylloceras*, *Lytoceras* és *Simoceras* nemek, a középeurópaiat az *Oppelia*, *Harpoceras* és *Aspidoceras*, a boreális övet a *Cardioceras*, *Virgatites* nem s a *Perisphinctes mosquensis* faj csoportja jellemzi.

Már régebben is feltűnt, hogy az Alpesebben, Olaszországban, Franciaország déli vidékein, Portugáliában stb. a jura-lerakodásokban az Ammonitesek között mindig túlnyomó számban vannak azok a nemek, a melyek kamrarajzai levéalakú végződésűek és taraj nélküli síma házuak. Dumortier, Hauer, Choffat, Meneghini stb. munkáiban nagy számban találjuk meg az ilyeneket.

A Sváb Jura hegységben, a hol Quenstedt egészen részletesen tanulmányozta a most már világhírűvé vált gazdag Ammonites-faunát,\*\* a fajok rendkívüli számának ellenére meglepően kevés *Phylloceras*-t és *Lytoceras*-t találtak. A liász elején ezek az állatnemek *teljesen hiányzanak*. A középső liászban egyetlen faj képviseli őket, az is csekély számú példánnyal. A felső liászban is csak egy *Phylloceras*-faj fordul elő (az általánosan ismert vezérkövület: *Phylloceras heterophyllum* Sow. sp.), de már hat *Lytoceras*. Az egész doggerben együttvéve 1 *Phylloceras*- és 2 *Lytoceras*-faj van. A malmban is összesen csak 2 *Phylloceras*- és 1 *Lytoceras*-fajt találtak még. Ezzel szemben csak példának említjük fel,

\* Die Kreidebildungen in Texas. Bonn 1852.

\*\* Über klimatische Zonen während der Jura und Kreidezeit. Denkschriften d. k. k. Akad. d. Wissensch. Wien 1883.

\*\*\* A mi Gerecse-hegységi jura-faunánk épen olyan joggal lehetne világhírű, ha nem sajnálnák a pénzt, a mibe összegyűjtése, feldolgozása és közzlése kerülne.

hogy a bakonyi Csernye jurafaunájából csak a felső-liászból és az alsó-doggerből 20 Phylloceras- és 9 Lytoceras-fajt határozta meg, pedig a csernyei fajok összes száma nem sokkal haladja meg a württembergiekét.

Minél inkább haladunk ezután észak felé, annál szórványosabban jelenkeznek a Phyllocerasok és Lytocerasok, különösen az előbbieket. A Phyllocerasokkal és Lytocerasokkal karöltve járnak a malmkori Simocerasok is, továbbá az Atractitesek. Az alpin-mediterrán öv malmkori lerakódásaiban 22 Simoceras-fajt számlált össze Neumayr; Németországban még ma is csak itt-ott akadunk egy-egy középeurópai Simocerasra.

A középeurópai,\* vagy helyesebben a mérsékelt jura-övet nem jellemzik olyan kiválóan bizonyos génuszok, mint az alpin-mediterrán övet, vagyis nincsenek, hogy úgy mondjam, endémikus állatnemei. Inkább negatív módon jellemzi bizonyos állatcsoportok feltűnő távolmaradása. Az Ammonites-nemen kívül főként az Oppeliák, a Harpoceratidák, Aegoceratinák és az Aspidoceratinák, továbbá a szirtépítő korálok fordulnak elő nagy mennyiségben. A Harpoceras trimarginatum csoportja, az Opelelia tenuilobata csoportja, a Perisphinctes polyplocus csoportja, végül a Cardioceras-nem azok, amelyek az angol-német juratengerekben voltak nagyon otthonosak. A Cardiocerasok a mérsékelt jura-övnél északibb tájait jellemzik és átnyúltak a boreális tengerekbe is.

A boreális övben a Phyllocerasok, Lytocerasok és az Oppeliák már teljesen hiányzanak. A Harpocerasok, Aspidoceratinák és a Peltocerasok hátra szorulnak, s a mérsékelt övi állatok közül itt már csak a Cardiocerasok tudnak vegetálni. A boreális tengereket a Perisphinctes mosquensis, a Neumayria Nik. tagjai, az Amaltheus castelunatus és fulgens csoportjai, a tömérdek Belemnites és Aucella népesíti. Ezeket a zoo-geográfiai ellentéteket Oroszországban Trautschold, Nikitin és még sokan mások is észrevették.

Az alsó-krétában az állatföldrajzi övek jelenlétét Neumayr-majdnem egyidejűleg Uhlig is észrevette.\*\* Uhlig megállapította, hogy a Phyllocerasok és Lytocerasok a neokomban is alpin-mediterrán jelleműek. A neokombkori Haplocerasok, Hamitesek, Pulchelliák és Costidiscusok épen úgy lakói a Neumayr-féle alpin-mediterrán övnek.

A felső-krétában a délvidéki Ammonitesek előrenyomulnak észak

\* Középeurópán a geográfusok azt a területet értik, amelyet Németország, Németalföld, Svájc, Ausztria, Orosz-Lengyelország, Magyarország és Románia foglal el; e területnek majdnem fele Neumayr-nek alpin-mediterrán övébe tartozik.

\*\* Die Wernsdorfer Schiefer und ihre Aequivalente. Sitzungsber. d. k. k. Akad. d. Wissensch. Wien 1882, I. — Die Cephalop.-Fauna der Wernsdorfer Schichten. Denkschr. d. k. k. Akad. d. Wiss. Wien 1883.

felé. Roemer szerint legalább az északi  $54^{\circ}$  és a déli  $27^{\circ}$  szélességi körök között alig lehet a felső-krétakorú Ammonitesek között különbséget találnunk övek szerint; a mai Amerika vidékén legalább nem. De mintha a melegebb klíma következtében más, azelőtt talán még délebbi vidékek lakói kerültek volna fel észak felé, mert a felső-krétában már tömegesen jelennek meg a Rudisták mind Texasban, mind az Alpesekben, nálunk a Bakonyban és Erdélyben. De Francziország közepén és Csehországban már csak csekély számban éltek, az északibb tájakra pedig csak hirnökeik vetődtek. Az északi és az északkeleti Kárpátokban egészen hiányzanak, bár e vidéken vannak olyan krétakorú üledékeink, amelyekben, ha az azokat alkotó tengerekben éltek volna, bizonyosan megtalálnók. Sajátságos például, hogy, mint már Neumayr is megjegyezte, az úgynevezett chocdolomitban nincsenek Rudisták. A tőlünk délre terülő tájakon, déli Európában, Afrikában, Palesztinában, Kis-Ázsiában, a Kaukázusban, Afganisztánban, Kelet-Indiában mindenütt megtalálták a felső-krétában a Rudistákat.

Ezek szerint tehát a jurában és krétában vannak állatföldrajzi övek. Vannak már a jurakor elején is, de sokkal határozottabban a jura vége felé és a krétában. A határokat figyelmesen nézve, még azt is látjuk, hogy ez övek nem is ingadoznak valami lényegesen az egész, mindenestre az évek néhány százezret felölélő, fiatalabb mezozoikumban. Vegyük csak a korálokat. Ma a korálok legészakibb képviselői a Bermuda-szigeteken laknak, tehát az é. sz.  $32^{\circ}$  alatt. A jurakor legészakibb korálszirtjeit pedig Angolországban, vagy  $20^{\circ}$  szélességgel északra a Bermudák felett találták meg. Ha a Rudistákat vesszük alapul, Ázsiában a felsőkrétában a zoogeografiai határoknak észak felé tolódását látjuk ugyan, mert a jurában az alpin-mediterrán öv határa nem ért a Küenlünig, de ez észak felé tolódás nem valami nagyon jelentékeny és eléggé lokális.

Itt álljunk meg egy pillanatra. Az itt felsorolt állatcsoportok és nemek kizárólag siktengeriek, a siktengeri faunához tartozók. A zoogeografiának ma is leggyengébb oldalára, a siktengeri fauna földrajzára kell tehát támaszkodnunk. A mai faunaterületek vízszintes irányú terjeszkedésének törvényeit pedig feltétlenül ismernünk kell, ha ilyen geológiai következtetéseket akarunk vonni. Viszont a zoogeografia a palaeontológiától várja azokat az adatokat, a melyek segítségével a siktengeri fauna regionális elterjedésének okait megmagyarázhatja. Olyan érintkező ponton vagyunk, a hol két tudomány csak egymással lépést tartva haladhat előre. Annyit azonban tudunk, hogy a siktengeri fauna regionális elterjedésében a klímán kívül nagy tényező a partvonalak konfigurációja, a tengeráramlások, azonkívül az állati életnek sok feltétele is.

Neumayr klímaövei ellen igen sok véleményt hallottunk; el lehet

mondani, hogy nagyon kevés geologus van, a ki igazat ad neki. Pedig igaztalanul. A legáltalánosabb felfogás az, hogy a »klímaövek« csak fációsak, vagy zoogeografiai régiók. Az utóbbi felfogás híveinek érvük ugyan egy cseppel sincs több, mint Neumayr-nak volt a klímaövei mellett. Az újabb fölfedezések szerintök ellene mondanak Neumayr hipotézisének, mert a hol ő mérsékelt övet jelzett a térképén, ott később boreális faunát találtak, vagy megfordítva. A térkép szerkesztésének hibái azonban — Neumayr sem mondta soha, hogy térképe nem szorul többé javításra — nem jelentik egyúttal a hipotézis bukását is. A klímaövek határai még ott is erősen szabálytalanok, a hol pozitív megfigyelések alapján szerkesztették meg határaikat; hát még ott, a hol a síktengeri fauna elterjedése volt az irányadó. Az idő ezt a kérdést, vagyis, hogy a különböző faunák övek, vagy összefüggés nélküli területek szerint egységesek-e, mindenesetre el fogja dönteni.

Más kérdés, hogy az Ammonites-fációs csakugyan síktengeri üledék-e? Walther nemrég megjelent szellemes munkájában úgy nyilatkozik, hogy az Ammonitesek házáit az akkori tengerek partra vetették, az őket tartalmazó kőzetben tehát másodlagos fekvőhelyen vannak. Az anyag vizsgálásának fontosságára mutatott rá Mojsisovics\* és Fuchs is.\*\* Mojsisovics, a triász-szisztéma legelső speciálístája szerint az Arcestesek és Pinacocerasok meszes, a Trachycerasok ellenben többnyire agyagos kőzetekben találhatók. A triász-szisztéma állatvilágának földrajzáról azonban még alig mondhatunk helytálló véleményt, mert összefoglaló munkák hiányában a kutató még teljesen a szerteszórt óriás anyaghalmazra van utalva: de bizvást mondhatjuk, hogy a jurában nem állhat meg Mojsisovics véleménye. Az alpin-mediterrán öv Phyllocerasai és Lytocerasai például egyáltalán nem kötik magukat a kőzet fajtájához. Neumayr szerint is úgy a jurakori mészkövekben, mint az agyagosokban is majdnem állandóan 30%-át teszik a Phyllocerasok és a Lytocerasok az egész faunának. Magyarországon a gazdag csernyei és gerecsei mészkőlelőhelyeken vagy az agyagos kőzetű ürmösi Töppépaták völgyében is azt láthatjuk, hogy az egyes nemek vagy csoportok egyáltalán nem kötik magukat az anyakőzet meszes vagy agyagos voltaához. A Sváb Jura alsó liászában van agyagos és meszes réteg is bőven, Phyllocerasok és Lytocerasok azonban nincsenek. A württembergi malm majdnem kizárólag mészkőből áll; ha a kőzetből ítélni lehetne, akkor itt igazán bőven kellene lennie Phyllocerasnak és Lytocerasnak: de mindössze csak három faj kevés példányát találták itt; ezek is inkább idevetődött vándorok, mint a fauna jellemzői. Magam föl-

\* Jahrbuch d. k. k. geol. R. A. 1880.

\*\* Welche Ablagerungen haben wir als Tiefseebildungen zu betrachten? Neues Jahrbuch f. Miner. stb. 1882. I. kötet.

vettem a kérdést,\* vajjon »az Alpesekek, a Földközi-tenger partvidékei és Magyarország jurakori faunájának nagy hasonlósága, a mely egyszerűsmind a kőzetre is áll, nem arra vall-e, hogy a mélységi viszonyok is nagy szerepet játszottak, az egyes övek faunájának különböző jellemvonásait illetőleg?« Egyik bírálóm az »is« szócskát fölöslegesnek tartotta ott, s természetesnek tartotta a mélységi viszonyok ilyen hatását. Nem szabad elfelednünk, hogy a germán, vagy mérsékelt övi jura fekete vagy barna, agyagos vagy meszes kőzeteinek a faunája éppen úgy mély tengerre vall, mint az alpin-mediterrán öv vörös ammonitesmészköve. A két fajta kőzet között átmenetet is találunk bőven. Csernyén a vörös középső liászra világos húsvörös színű felső-liász, majd ismét sötétebb réteg világos fedővel következik egymás felett. Möricke a délamerikai jurában is ugyanezt figyelte meg még közvetlenebbül. A szürke liázmészkött ott a felső-liászban lassanként el kezd vörösödni, de az egymás fölött fekvő rétegek kövületei mindvégig közönyösek klimatologiai nézőpontból. A kérdést ebben az irányban az oldja meg, a ki kimutatja, hogy az Ammonitesek milyen tengermélységben végezték életműködésüket. A zoogeografia mai tanítása erre éppen olyan kevés felvilágosítást nyújt, mint a palaeontografia. Bizonyos, hogy a tengerfenék kőzetei (az iszap) ma nem igazodnak a mélységekhez.

A valószínűséghez legközelebb járunk akkor, a mikor a tengerek felső vízrétegét fogadjuk el az Ammonites-fauna élete folyásának színteréül, hiszen a tengeri állatvilág mostani hazája is a vizek magasabb szintája. A klímának változása iránt ezekben a szintájokban még az alsóbbrendű állatvilág is érzékeny. Ha voltak tehát a jurában a klímának övei, az Ammonitesek is hozzájuk igazodtak. Az Ammoniteseknek övek szerint elhelyezkedéséből tehát joggal következtethetünk a klíma különbségeire.

Azok a leletek, a melyeket a Neumayr-féle hipotézis megdöntésére fel szoktak hozni, majdnem kivétel nélkül az idősebb jurarétegekből valók. Valóban, minél jobban haladnak előre ismereteink az idősebb jura-faunát illetőleg, annál nagyobb a mindenütt elterjedt, tehát klimatologiailag közönyös állatfajok száma.\*\* De ez csak természetes. A klímaövek sem keletkeztek karikacsapásra. Legelőször csak az érzékenyebb állatfajok vehettek rólok tudomást. A klímaövek kialakulása is, úgy mint azt Neumayr állította, egészen határozottan csak a malmban állapítható meg először a mai ismereteink szerint. Az idősebb jurában a klíma különbségei már jelenkeznek ugyan, de még ki nem domborodnak.

Hogy befejezhessük a jurakori klímáról szerzett eddigi tudásunk ismertetését, hátra van még a palaeogeografiai kutatások méltatása. A

\* Az É.K. Bakony alsó-jurakorú rétegeinek faunája. A M. K. Földt. Int. Évk. XV. köt. 1904.

\*\* L. Prinz i. m. 14. l.

szárazulatok elterjedése és fölépítése, tagadhatatlan, óriási hatással van a klímára.

Hosszas volna a jurakori szárazulatok partvonalait itt ismertetni, de meg nem is lehetne olyan hitelesen elvégezni ma még, hogy a belőle vont következtetések legalább annyira-mennyire szilárd alapon álljanak. A Forbes-féle formulát Kerner alkalmazta\* Neumayr juratérképére, a melyet az azóta végzett kutatások (Steinmann, Böhm, Renz, Burckhardt, Möricke stb.) alapján javított kiadásban csatolunk ide. Kerner a formula alkalmazásával arra az eredményre jutott (1. ábra), hogy a szárazulatok és a tengerek eloszlása következtében a malm-időben a déli féltekének  $1\frac{1}{2}^{\circ}\text{C}$ -sal melegebbnek kellett lennie, mint az északinak. Másrészt a malm-időben a hőmérséklet közepes értékének legalább  $2^{\circ}\text{C}$ -sal magasabbnak kellett lennie, mint a milyen ma, ha a kontinensek elhelyezkedésén kívül más tényező nem is játszott közbe. Nagyobb meleg és hideg szélsőségekre egyedül a »nearktikus« szárazulat volt csak alkalmas. Texas vidékéről téli időben Északi-Európán Keleti-Ázsiáig magas légnyomású övnek kellett vonulnia, a mely öv a mai Oroszország területén megszakadt vagy keskenyebbre fűződött. Ez az öv két alacsony légnyomású levegőmedenczét választott el egymástól, melyek egyike a mai nyugoti Európa helyét elfoglaló tenger fölött, a másika a hasonlóan vízzel borított Szibéria és Aljaszka fölött helyezkedett el. A nyáron ellenben az »aljaszkai« tenger és a »középeurópai« tengerek magas légnyomású helyei között déli Északameriákban egy főminimum és délkeleti Ázsiában egy másodrangú minimum foglalhatott helyet. A déli féltekén a magas légnyomású öv az északi féltekei tél idején Ausztrália és a mai déli Atlanti-óceán között meg volt szakítva, az északi nyár idején azonban összefolyt.

A fiatalabb jura-időben tehát a déli félteke izobárainak eloszlása hasonlított valamelyest a maihoz, de sokkal nagyobb volt az eltérés az északi féltekén.

A klímaövek jelenléte a malmnál is sokkal hangosabban nyilatkozik meg a krétában, miként Roemer fölfedezte, s a mit a későbbi kutatások megerősítettek. Általában a klíma a jura-kor elejétől fogva lassú lehülésben volt egész a kréta végéig. A klíma hűvösödését a tengeri állatoknál természetesen sokkal jobban és gyorsabban érezték meg a helyhez kötött növények. Amazok sokáig küzdenek vele és vándorútra kelnek előle, emezek kérérlhetetlenül elpusztulnak. Így a cypaspálmák, melyek a mai sarkvidékeken a triászban üde ligeteket alkottak, a jurakor vége felé kipusztultak.\*\* A krétában már csak szórványosan akadunk nyomaikra.

\* Paläoklim. Stud. Sitzungsber. d. k. k. Akad. d. Wiss. Wien. 1895.

\*\* Schenk, Paläophytologie. 212. 1.

De meg kellett változnia a tengerek képének is. Az Ammonitesek és Belemnitesek, a melyek fajaiknak ezreivel népesítették be a mezozoi tengereket, lassanként kipusztultak. Hasonló sors érte a tengeri gyíkokat is.\*

**A szerves élet újkora.** Neumayr előtt általános volt a meggyőződés, hogy a klimaövek kialakulása csak a geológiai harmadkorban, vagyis a szerves élet újkorában kezdődött meg.

A másodkor végét, mint említettük, az erős lehülés nyomában járó faunaváltozás jelzi. Ez a lehülés nem lehetett olyan nagyfokú, mint a geológiai ókorban volt, mert máskülönben emlékköveit bizonyosan fölfedeztük volna morénák alakjában.

A harmadkor elején ismét a régi egyenletes meleg klíma köszöntött be, mindenesetre sokkal melegebb, mint a milyen a mai és mint a milyen a jura-krétában volt (1. ábra). Azok az állatcsoportok, melyek a krétakori lehülést átérték, de a déli és északi krétakori tengerek között megszlottak, most ismét összevegyülve, egy faunává egyesültek. Semper és Schenk kutatásai igazolják, hogy azok az állati és növényi alakok, a melyek ma a forró égöv alatt tanyáznak és tenyésznek, a harmadkor elején Európában is otthonosak voltak.

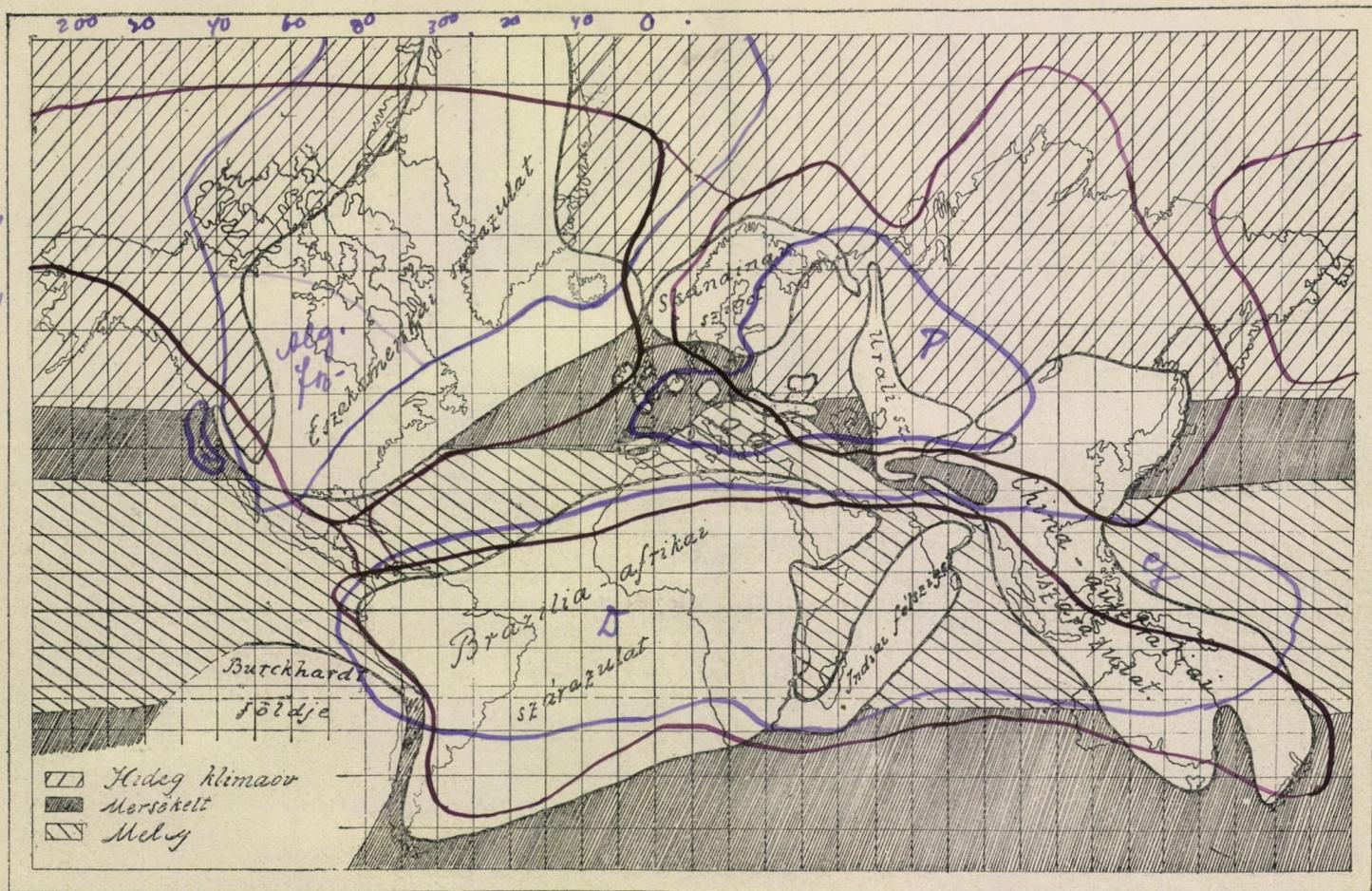
A pliocén második felében azonban az örökzöld növények és a pálmák mellett mindig nagyobb és nagyobb számmal jelenkeznek a lombhullató fák, a tölgyek és akácok stb. A középeurópai oligocénben egymás mellett élt a *Sequoia Coultssiae*, a *Sabal major Ung.*, a *Sterculia labrusca Ung.*, az *Apocynophyllum neriifolium*, a *Dryophyllum Devalquei Sap.*, valamint együtt éltek a Sequoiák, Glyptotrobusok, Gardeniák, Ficusok, Alnusok, Cinnamomumok.

A nedves, de nem túlságos meleg klíma a legfőbb föltétele a dús őserdők tenyészetének, a mivel viszont a széntelegek keletkezése kapcsolatos. A nedves subtrópusi klíma hazája az alsó-oligocénben Németország volt, déli Európában akkor forróság uralkodott. A felső-oligocénben azonban a megváltozott klíma alapoka lett az olaszországi erdő-vegetációnak, melynek eredménye barnaszéntelegek képződése volt. Az alsóoligocénben déli Franciaországban, ámbár a szükséges nedvesség megvolt, barnaszéntelegek alig képződtek, a felső-oligocében ellenben a barnaszéntelegek egész öve húzódik Erdélytől a Pyreneusokig (Kolozsvár—Rado-boj—Sotzka—Trifail—Sagor—Vicenza—Liguria—Lausanne stb.).

Ha kizárólag a barnaszéntelegeket nézzük, az általános hűvösödés mellett még kisebb klímaingadozásokról is szólhatunk, bár meg lehet, hogy különböző tényezők egyidejű előfordulásáról van csak szó. A miocén elején legalább ismét észak felé tolódik kissé a barnaszéntelegek öve. Az

\* Koken föltevése (Die Vorwelt), hogy az óriási száuriákat a csetfélék pusztították volna ki, valószínűtlen. L. Frech i. m. 628. 1.

óri  
slautis  
ki f. f.  
f. rigod,



Palaearctis  
Délatlanti  
Gyöngv.

A KLIMA TÖRTÉNETE.

1. ábra. A kontinensek és a tengerek eloszlása a jura-kor végén.

alsó-mioczénben nemcsak közép, hanem északi Németországban is képződtek barnaszéntelegek megfelelő flórából. Az alsó-oligoczénben tehát Németországban képződtek barnaszéntelegek, a középső-oligoczénben Német- és Csehországban, a felsőben Cseh- és Olaszországban, az alsó-mioczénben ismét Cseh- és Németországban.

A barnaszéntelegek észak felé tolódását látjuk Amerikában is.

A németországi felső-mioczén flóra ismét a klíma hűvösödését jelzi már. Olyanféle klíma lehetett a miocén végén, vagy a pliocén elején Németországban, mint ma a Földközi-tenger mellékén. Lepsius és Koenen Wetterau és Vogelsberg környékéről a *Pinus montaná*-t, a mogyorófát és a *Juglans cf. cinerea* L. sp.-t említi föl a felső-mioczén- és alsó-pleioczénből, ezek mellett azonban a szőlőt (*Vitis Brauni* Ludw.) és a *Holopteleura Victoriá*t is (a *Victoria* régiá-hoz közelálló vízi rózsa).

Az idősebb harmadkorban Amerikában is épen úgy, mint Európában, az Oregon és Hudson vidékéig subtropusai klíma volt, a mi a tengeri faunából világos kitűnik (Dall és Harris).

Az egyes biológiai-földrajzi jelenségeket bővebben fölöslegesen volna itt felsorolni, mikor az egész fauna és flóra meggyőző bizonyítékul szolgál már. A lassú és egyenletes lehűlés összes fokozatai a jégkorszak beálltáig, vagyis a diluviumig kétségtelenül megállapíthatók.

A pliocén vége felé Európában már a mostaninál is annyira-mennyire hűvösebb klímának kellett uralkodnia, bevezetésül a jégkorszakhoz, a mely a maga nagyszerűségeivel a történeti geológia legérdekesebb fejezeteinek egyike.

A vulkáni működés a klímának krétakori és diluviális lehülése között a következő volt.\* Mindjárt a harmadkor kezdetén nagy vulkáni lávatömegek törtek a felszínre. Az alsó-eocénkorbeli vulkáni területek legnagyobbika, de egyszersmind a történeti földtanban ismeretes kitéréseknek is a legimpozánsabbja a délázsiai Dekkanban volt. Óriási bazalterupcziók kezdődtek ott akkor, s működésöknek eredménye olyan összefüggő lávalepel, a mely jóval nagyobb Magyarország területénél (400000 km<sup>2</sup>), vastagsága pedig helylyel-közzel 2000 m-t tesz. Ugyanakkor működtek az afganisztáni, abessziniai és a szumátrai\*\* andesit-vulkánok is, valamint déli Tibetben a Chitichun mészkőszirtjei közé is települtek nagy andesittömegek.\*\*\* Örményországban az eocénvulkánok magas hegykúpokat halmoztak fel láváikból, a miről az Araxes szurdokában jól látható vastag törmelék tesz tanúságot. A Perzsia és Kaukázia határának hosszában működő vulkánok csak az oligoczén-

\* L. Frechi. m. 673. 1.

\*\* Volz.

\*\*\* Diener, Jahrb. d. k. k. geol. R. A. 1901. 156. 1.

ben maradtak abban. De ismerünk Európában is eocén-vulkánokat Vicenza vidékéről és északi Angolországból. Ugyancsak az eocénnel kezdődnek az Egyesült-Államok vulkánjai is. (Clark, Dall, Harris stb. az U. S. Geol. Surveyben.)

Az oligocénben az egész Földön nagyjában nyugalom áll be. Legalább az eocén vulkán-óriásai szünetet tartottak. Felső-Magyarországon azonban már a felső-eocénben megkezdik munkájukat azok az andesitvulkánok, a melyeknek kihült lávája ma a Kárpátok belső peremét alkotja. A déli Alpesebben is voltak, Oppenheim szerint,\* jelentéktelen kitorések a középső oligocénben, a felső oligocénben pedig esetleg Csehországban és Franciaországban is, bár az utóbbiak valószínűen csak a miocénben kezdődtek meg.

A miocénben megismétlődnek az eocén nagy tömeges vulkáni kitorései. A brit szigeteken ekkor keletkeztek a nagy bazalttelepek, a melyek az óceán abráziós működésének és a denudációnak ellenére még mindig vagy 100000 km<sup>2</sup>-nyi területet borítanak. Faröer és Izland vulkánjainak a fénykora is a miocénbe esik.

A magyarországi andesitek túlnyomó része szintén a miocénben keletkezett. A felső-eocénben megkezdődött andesitvulkánok több-kevesebb megszakítással élnek az oligocénben is, de erőre csak az alsó és középső-miocénben kapnak. A Pannoniai beltenger kialakulásakor már nyugalom volt hazánkban, csak itt-ott voltak azután már egyes bazaltkitorések.\*\* (Lóczy.)

A balkáni, kisázsiai, kaukázusi és szumátrai andesitek, valamint a kelet-szibériai bazaltok is a miocénbe tartoznak.

Összefoglalva a szerves élet újkorának biológiai-földrajzi jelenségeit a jégkorszak beálltáig, úgy látjuk, hogy első negyedében egyenletesen meleg klíma és tömeges vulkáni kitorések, második negyedében hűvösödő klíma és szórványos kitorések, harmadik negyedében melegedő klíma és tömeges kitorések, negyedik negyedében pedig hűvös klíma és szórványos kitorések voltak.

A pleisztocén végén az előbb hűvös klíma még hűvösebbé vált, az északi sarkvilág zord birodalmához még nagy terület csatolódott, az állatvilág pedig a hideg elől vándorútra kelt délfele a melegebb tájakra.

A mai mérsékelt öv területén számtalan helyen akadunk diluviális sarkvidéki flórára. A *Dryas octopetala*, a *Salix polaris* és *reticulata*, a *Betula nana* a jégkorszakban a Balti-tenger partjain, sőt Szászországban is élt.\*\*\*

\* Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1896.

\*\* Az erdélyi bazaltok.

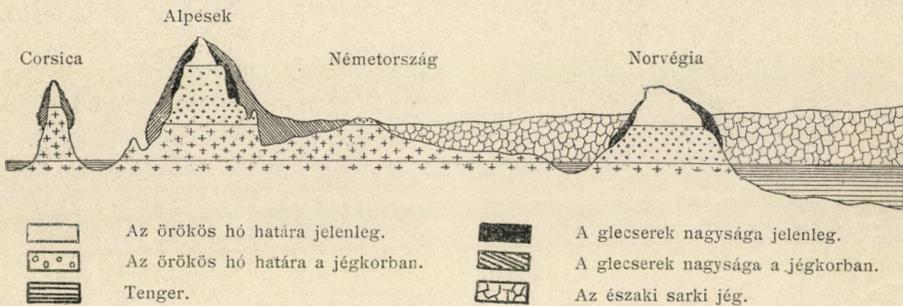
\*\*\* Nathorst, Über d. gegenw. Stp. uns. Kenntn. v. d. Vorkomm. foss. Glacialfl.



Előre bocsátjuk, hogy a diluviális glecserek nyomában, bár roppant jégtömeggel borították el Európának majdnem a felét (lásd a mellékletet), nem jártak valami rendkívül nagy hidegek; a közepes hőmérsékletnek néhány foknyi lehüléséről lehet szó csak. Erre vall az, hogy az emlős állatok, bár megéreztek a klimaváltozást, nem szenvedtek a helyváltoztatásnak olyan kényszere alatt, mint a milyenre valami nagy állandó hideg bizonyosan kényszerítette volna őket (*L. Lethaea palaeozoica*. Quartär).

De nincs is szükségünk a jégkorszakban a biológiai földrajzra, a glecserek sokkal markánsabb és világosabb nyomokat hagytak, hogy sem kétségünk lehetne e kor klimája felől.

Tudjuk, hogy a nagyobb meleg beálltával visszahúzódó glecserek régi medröket igen feltűnően fölismerhetőnek hagyják meg. Az ormokról lehordott és útközben lecsiszolt kavicsokat medrökben és alsó végükön lerakják és összetorlaszolják. Közvetlenül tapasztalhatjuk e jelenséget a

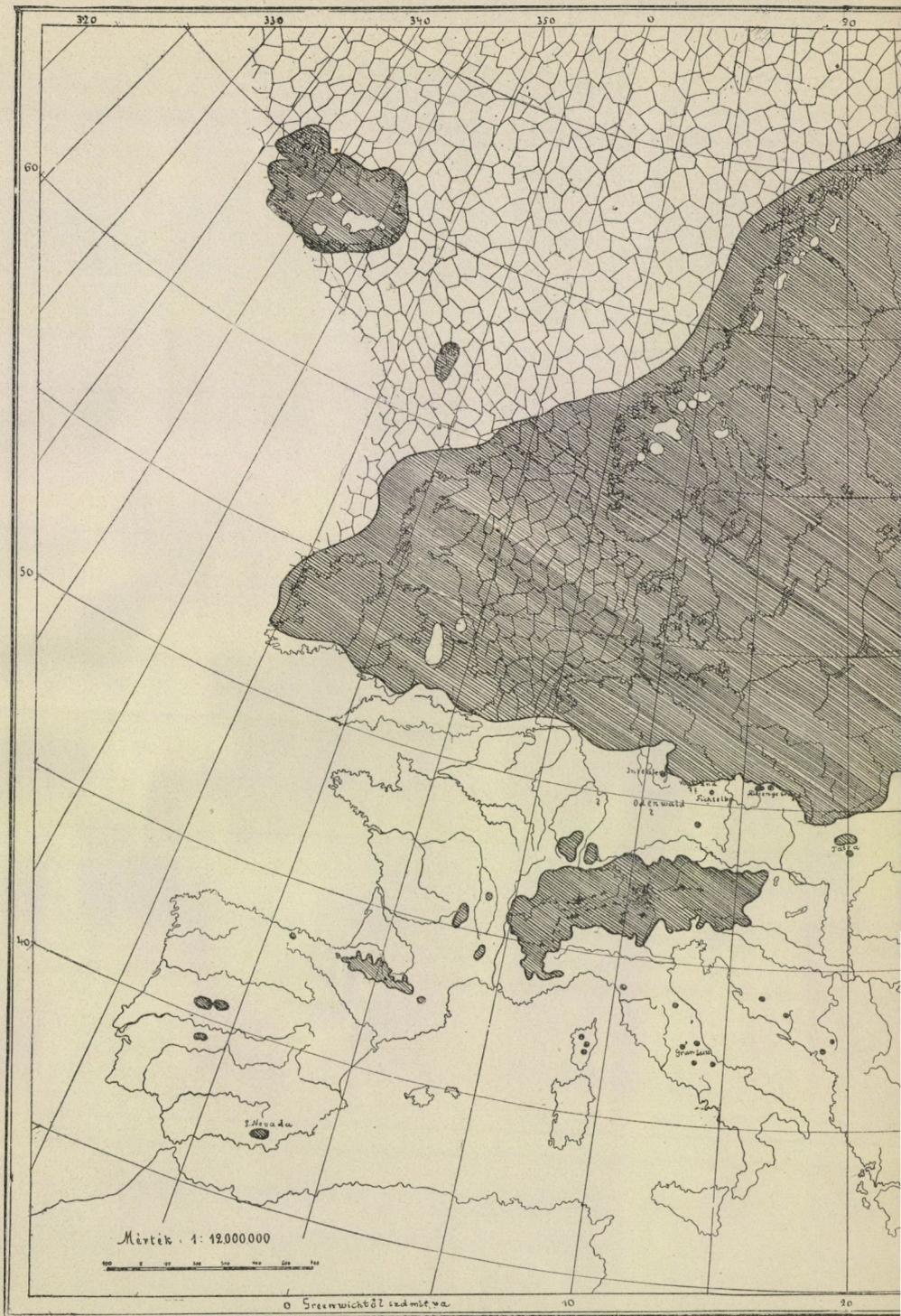


2. ábra. Európa jégkori és mostani hóviszonyainak összehasonlító vázlatja.

mostani glecsereken, különösen a sok turista látogatta Rhone-glecsér kapuja közelében.

Kétségtelenül fölismerhető régi glecserek medreit láthatjuk úgyszólván az Alpések minden völgyében. A völgyeket helyenként kisebb-nagyobb kavicsból felépült halmsorok torlaszolják el, melyeken túl nagy sziklatömbök hevernek, olyan kőzetből, a milyen az egész vidéken nem fordul elő. Idegen köveket, és idegen kavics-szalagokat láthatunk a hegyoldalon majdnem vízszintesen egymás fölé sorakozva stb. Ezekből kétségtelen, hogy az Alpéseket a jégkorszakban majdnem teljesen beborította a jég (2. ábra). Európa diluviális partvonalairól és glecsereiről a térkép-melléklet elegendő felvilágosítást ad.

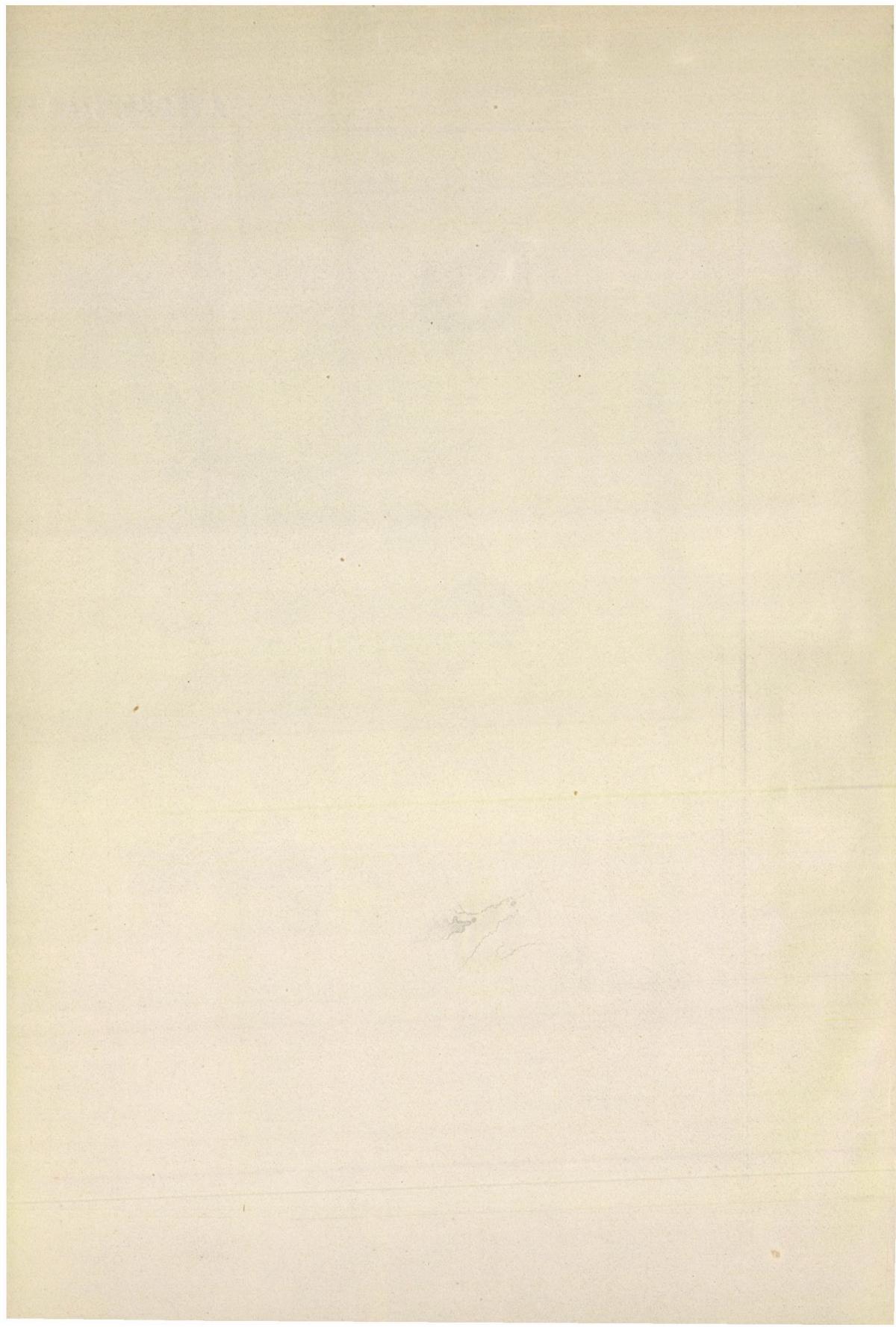
A vulkánok, mintha csakugyan kapcsolat lenne közöttük és a klíma között, működésüket abban hagyták. A kapcsolat úgy értendő, hogy a klíma hűvösödése esetleg következménye a vulkánok abban maradásának, nem pedig megfordítva.



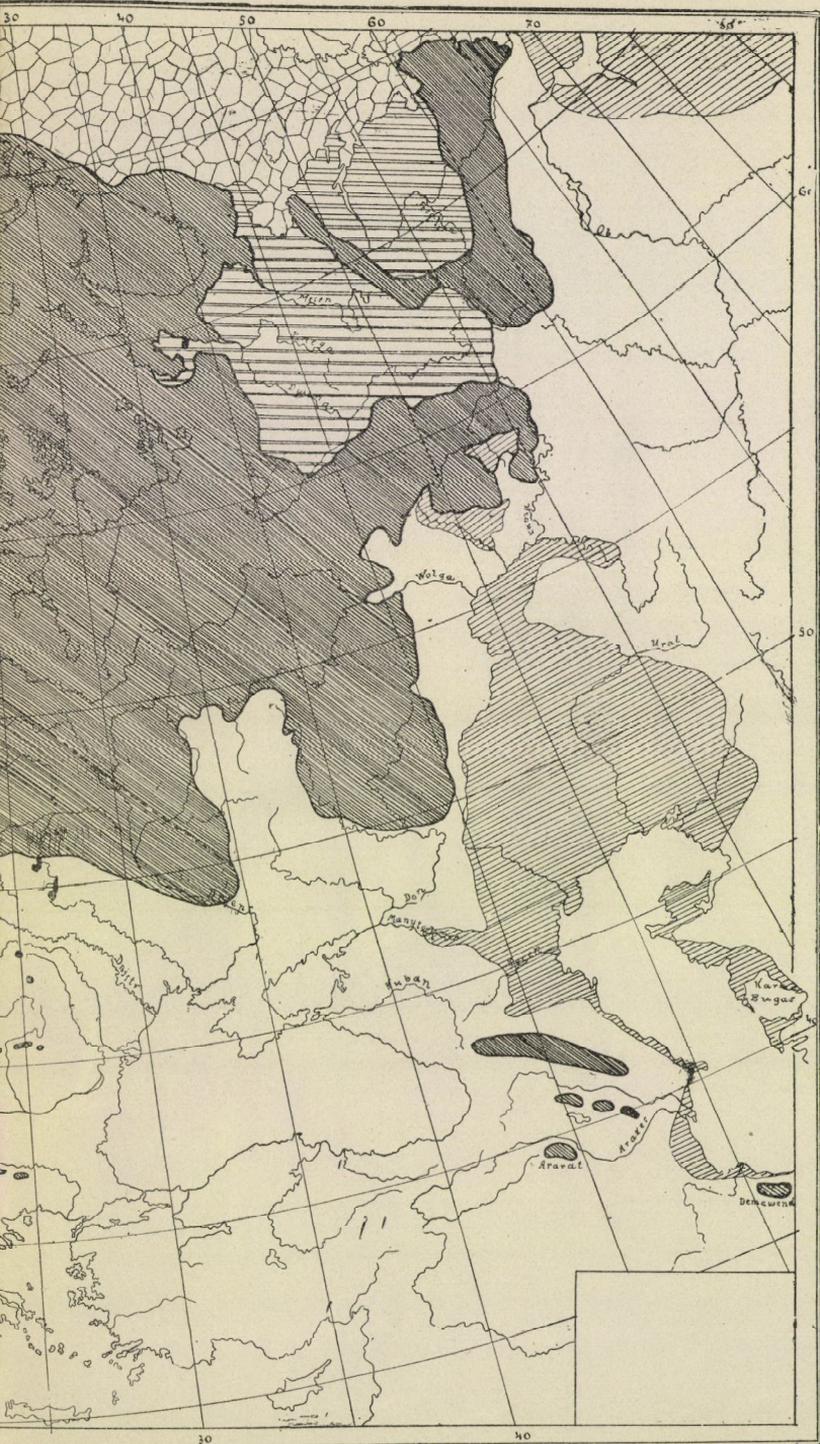
 A jégkorszakban jéggel borított területek.

 A Dvinának és az Onegának előbb jéggel, majd sarkai transzgressióval borított területe.

 Sarkvidé transz



# PÁBAN.



s Kaspi-tavi  
sió.

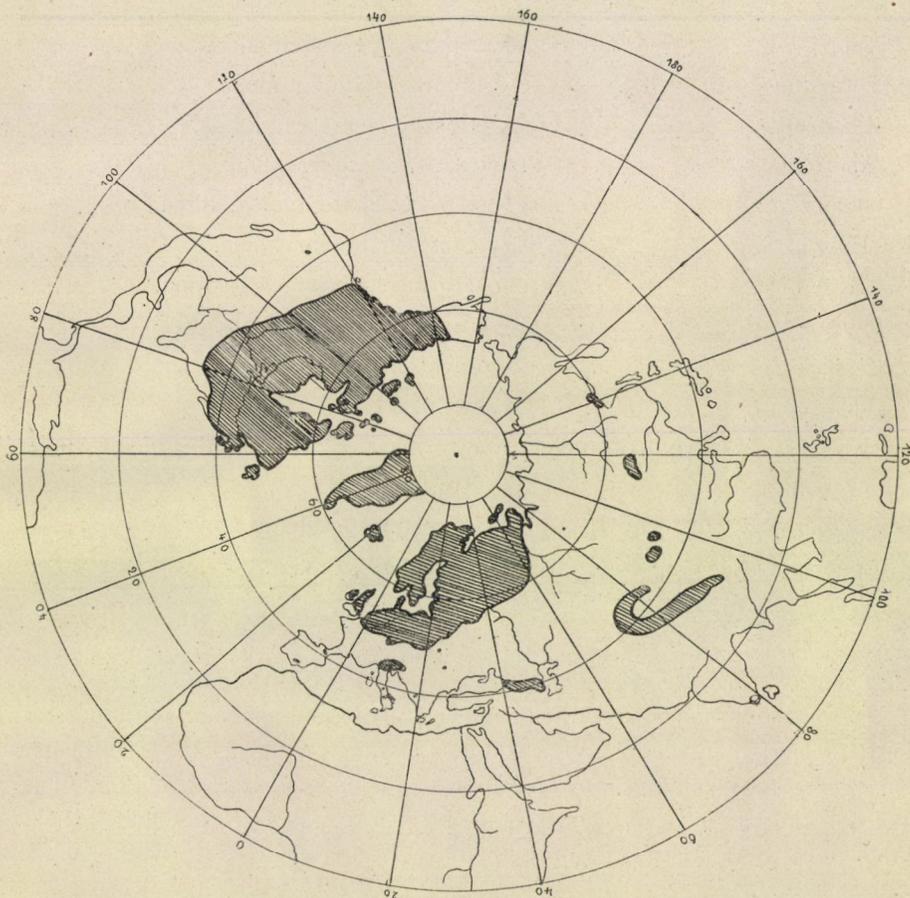
□ Jégtől mentes területek.

■ Mostani glecserek az Alpeseekben.



A jégkorszak jelenségeivel itt bővebben nem foglalkozunk. Csak olyanféle összefoglalást adhatnánk, mint a melyet megtalálunk minden jóra való geológiai tankönyvben.

Meg kell azonban e helyen emlékeznünk még Harmer kísérletéről,\* a ki, úgy mint Kerner a jurában, a jégkorszak légnyomásának eloszlását próbálta megszerkeszteni. Harmer szerint



3. ábra. A diluviális eljegesedés maximuma.

a jégkorszak más időben uralkodott Amerikában és más időben Európában.

A diluviális jégkorszak után (3. ábra) a mai melegebb, övek szerint különböző klíma következett. A mi mostani klímánk lehet a jégkorszaknak úgynevezett interglaciális időszaka, mint a melyet eddig kettőt, mások

\* The Influence of the Wind etc. Quart. Jour. Geol. Soc. London. 1901.

szerint hármát ismerünk, vagyis rövidebb tartamú fölmelegedés. Vagy pedig a jégkorszak elmúlt már, s a szerves világ megkezdte történetének negyedik korszakát.

Elmélkedésünk rövid foglatját a következő táblázattal világosítjuk meg:

*A geologiai korok klimája.*

|          |  |
|----------|--|
| Jelenkor | Övekre oszló mérsékelt klima.                            |
| Diluvium | Övekre oszló hideg klima                                 |
| Pliocén  | Övekre oszló mérsékelt klima.                            |
| Miocén   | Övekre oszló meleg klima.                                |
| Oligocén | Övekre oszló kevésbé meleg klima.                        |
| Eocén    | Egyenletesen meleg klima.                                |
| Kréta    | Övekre oszló kevésbé meleg klima.                        |
| Jura     | Övekre oszló meleg klima.                                |
| Triász   | Egyenletesen meleg klima.                                |
| Diász    | Övekre oszló hideg klima.                                |
| Karbon   | Egyenletes meleg, majd övekre oszló kevésbé meleg klima. |
| Devon    | Egyenletes meleg.  |
| Szilur   | Egyenletes meleg.  |
| Cambrium | Egyenletes meleg.  |

II.

A szorgalmas adatgyűjtés segítségével a geologia odáig jutott, hogy kétségtelenül megállapíthatta a klima időszakos változásait. Kizárólag a szerves világon alapul a történeti földtan felosztása, de az elmondottakból is kitűnik, hogy az összes fizikai viszonyok is megfelelnek neki. A szerves világ mindig tükörképe volt a Föld fizikai viszonyaiból eredő hatásoknak.

Míg egyrészt hangyamódra gyűjtik lassan az adatokat, a tényeket, másrészt dúsan teremnek az elméletek, hogy százféle felfogással, több-kevesebb szellemességgel, egy csapásra megoldják a fizikai viszonyok változásainak titkát. Ez elméleteket általánosan geologiai és kozmografiai csoportra szokás osztani.\* A geologiai elméletek kétfélék:

\* Az elméleteket csoportosítva megtaláljuk: Sarasin, Über die mutmassliche Ursache d. Eiszeit. Verhandl. d. Naturforsch. Ges. in Basel. 1902; Hansen, Eiszeiten der Erde. 1901; Geinitz, Lethaea geognostica. Quartär. 1903; Lang, Eiszeittheorien. Jahrb. Ver. für vaserl. Nat. Württemb. 1901 című munkákban.

1. Különbségek a levegő járulékos részeinek mennyiségében (széndioxid, vízgőz, por).

2. A palaeogeografiai viszonyok megváltozása. (Partvonalak, tengeráramlások, emelkedések és süllyedések, a szelek irányának megváltozása stb.)

A kozmografiai elméletek is kétfélék:

1. az égitestek melegmennyiségének változásán,
2. az égitestek elmozdulásán alapulók.

Ez elméletek közül bennünket közelebbről érdekelnek a következők:

Pettkó János 1863-ban a magyar tudományos akadémiában ismertette fantasztikus gondolatait, melyekért Hochstetter és S u e s s hevesen megtámadta, nem sok dicsérettel emlékezve meg akadémiánkról sem.\* Pettkó a Kant-Laplace-féle elméletre támaszkodva, úgy gondolta, hogy a bolygók, sorjában keletkezve, születésük alkalmával a többi már meglévő bolygóknak történetében is periodusokat határolnak. Az elszakadt Neptun izzófolyó volt, de lassan kihült; míg a lehülés bekövetkezett, a Nap is vesztett erejéből. Most megszületett az Uranus; a Nap új fényben kezdett ragyogni, s az izzófolyó Uranus közelében a Neptunon is egyenletes meleg ömlött el. Így teremtődtek sorjában a bolygók; a hány fiatalabb van, annyi periodust élt át a mögöttük levő. A távolságok miatt a periodusok végét mindig nagyobb és nagyobb hideg jellemzi.

Pettkó idejében még sok híve volt annak az elméletnek, hogy a Föld belső melegének valami hatása van a klímára. Thomson ismeretes értekezése óta (Philosophical Magasin 1863.) elméletileg többen, köztük újabban Ekholm kísérletileg\*\* is kimutatták tarthatatlanságát.

Manson a vízgőz-elmélet híve.\*\*\*

Mikor a Föld felületének hőmérséklete annyira alacsony lett, hogy a gőz lecsapódhatott, a víz tengerekbe gyülemlt össze, azután pedig felhők képződtek. A felhők elősegítették a lehülést, mert a rajtuk keresztülhaladó melegsugarak intenzitásukból sokat vesztek; de a felhőképződés is a Föld hővesztésével járt. A hővesztés folyton fokozódott, míg csak be nem állott a jégkorszak. A jégkorszakban a párolgás minimális lett, s így a felhők elfogytak. A Nap uralkodóvá lett, a jég és hó ezáltal a sarkok felé szorult.

Manson így képzei tehát a klíma történetét:

5. Klímaövek kialakulása = jelenkor.
4. Általános hidegség = jégkorszak.
3. Mérsékelt meleg = harmadkor.

\* Az egész vitatkozás a Berg und Hütt. Jahrb. XIV. kötetében. 1865. (Pettkó, Die jüngste Controverse über die Theorie der Eiszeit.)

\*\* On the variations of climate. Quart. Journ. R. Meteor. Soc. 1901. Továbbá Chоlnoky, A levegő fizikai földrajza. Budapest 1903.

\*\*\* The Evolution of climates. The American Geologist. 1900.

2. Meleg = másodkor.

1. Hőség = első kor.

Mint láttuk, a tények mást mondanak.

Harmer szerint\* a klíma lehülésének oka a szárazulatok emelkedésében és süllyedésében keresendő. A hol a geológia hűvös klímát mutat ki, az a terület bizonyosan abban a korban magasabb régiókban volt, de azóta leültedett.

Priette még egyszerűbben vulkánt helyez\*\* az északi sark alá, mely megrepesztette a jégtömeget és a leúszó jégtáblák okozták csak az úgynevezett jégkorszakot.

A Napban keresi az okot Dubois.\*\*\* Minden égitestnek négy állapoton kell végig vándorolnia.

1. Fehér izzáson = forró klíma. Palaeozoikum—mezozoikum.

2. Sárga izzáson, rövidebb-hosszabb kémiai folyamatokkal, melyek vörösre festik = kainozoikum. A vörös állapot a jégkornak felel meg.

3. Vörös izzáson. Állandó jégkorszak a jövőben.

4. Fekete, midőn kihűl. »Le commencement de la fin...«

A többi kozmografiai elméletnek is az a legnagyobb hibája, hogy a geológia, vagyis a *tények* épen az ellenkezőjét mondják. A napéjegyenlőség előnyomulása 10500 évenként a tél meghosszabbodásával jár; ha ez összeesik a földpálya középpontonkivülisége nyújtotta sebességgel, csakugyan sikerül valamelyes lehülés. Akkor az északi és déli féltekén változva kellene a jégkorszaknak beállania.

Sarasin az 1883. év nyarán a Krakatau kitéréséből arra a meggyőződésre jutott,† hogy a vulkáni hamufelhők nagy mennyisége fogta el a meleget a jégkorszakban. Verbeek a Krakatau kilövelt hamuját 18 km<sup>3</sup>-nyire becsülte, a mely tömeg 30—40 km magasságban nagy felhőként lógott, s körülhordatva a Földön az egyenlítői szelektől, 2½ évig elhomályosította a Napot, mintha kormos üvegen át nézték volna.

Pettinelli is a vulkáni hamu elméletének a híve.††

Arrhenius viszont a széndioxidnak tulajdonítja††† a napsugarak felfogását és gyengítését. A széndioxidelmélet felállítója eredetileg Tyndall volt. Arrhenius szerint a levegő széndioxidtartalma a tűzhányókból származik és a növényi élet, valamint karbonátképződés útján fogy. Ugyanezt Chamberlin is igazolta.§ A levegő széndioxidtartalma

\* Influence of Winds upon Climate etc. Quart. Journ. Geol. Soc. 1901.

\*\* Les causes des grandes extensions des glaciaires etc. Mém. de la Soc. d'Anthrop. de Paris.

\*\*\* Die Klimate d. geolog. Vergangenheit. Leipzig. 1893.

† I. m.

†† Annal. d. Instituto Tecnico di Bari. 1898.

††† Bihang till k. Sv. Vet. Akad. Stockholm 1896.

§ Journ. of Geology etc. 1897.

tehát attól függ, hogy a tűzhányók mennyi széndioxidot adnak a levegőnek és, hogy a karbonátképződés meg a szerves világ mennyit emészt el belőle. El kell ismernünk, hogy a széndioxidelmélet felel meg az eddigiek közül még legjobban a geológiai tényeknek. Frech határozottan megállapítottnak gondolja a vulkáni működés történetének tanulmányozása alapján, mindamellett, a Föld geológiai fölvételének hiányossága miatt, a széndioxidot csak a valószínűen közrejátszó tényezők egyikének fogadjuk el.

Másik ilyen tényező lehetett például a tengeráramlások megváltozása. A diluviális jégkorszakot illetőleg legalább nem egészen valószínűtlen Lindvall föltevése,\* ki a nagy jégtömeget a sarki áramlások erejének tulajdonítja. Nem lehetetlen klimaváltoztató tényező a szárazulatok emelkedése sem, mint többek között Holst is helyesen mutatott rá, azt bizonyítgatva, hogy Skandinávia kiemelkedése lehetett a legfőbb oka Északeurópa eljegesedésének a diluviumban.

Az elméletek felsorolását még sokáig folytathatnám; nem fogynék ki egyhamar belőlök. A súlypontot azonban jobban szeretem inkább a tényekre helyezni, akármilyen kicsiny és szegényes is még a számuk.

Az elméletekből is csak az világlik ki, hogy a klimaváltozások okait nem a kozmografusok (és még kevésbé a filozófusok), hanem a geológusok fogják megoldani.

DR. PRINZ GYULA.

\* The glacial Period. Stockholm 1891.



## Az anyag elszóródása.

Azok a különböző sugárnemek, melyeket körülbelül 10 év óta tanulmányoznak, állandóan foglalkoztatják a természetvizsgálókat. A szakfolyóiratok folyton új meg új vizsgálatokról hoznak közleményeket és főleg a radioaktív anyagok vizsgálata nyújt alkalmat mindenféle vonatkozások fölkeresésére és feltalálására. Ez utóbbi anyagokról az a nézet érvényesült, hogy csak csekély számú, nehezen előállítható anyag nevezhető igazán radioaktív természetűnek, a többi testek pedig nem tanúsítanak hasonló viselkedést.

Ujabban *Gustave Le Bon* közölt hosszabb tanulmányt a »*Revue Scientifique*« hasábjain,\* a melyben azt igyekszik bebizonyítani, hogy azok a jelenségek, melyeket a radioaktív anyagok okoznak, korántsem szorítkoznak ezekre, ha-

nem teljesen általános folyamat nyilvánulásai, a melyet »*la dématérialisation de la matière*«-nek, tehát az anyag »anyagtalanításának« nevez és hogy az elektromosság maga sem más, mint e folyamatnak egyik nyilvánulása.

Az alábbiakban lehetőleg röviden igyekszem *Le Bon* érdekes fejtegetéseinek lényegét ismertetni, megjegyezvén, hogy a »*dématérialisation*« fogalmat »az anyag elszóródása« névvel jelölöm meg, mert hiszen arról van szó, hogy az anyagból végtelen finom részecskék sugároznak ki és szóródnak el, a melyek végre az anyag veszteségét okozzák. Ez a veszteség azonban olyan csekély, hogy egyegy grammnyi anyag esetleg évszázadokig sugározhat ki részecskéket a nélkül, hogy ezzel észrevehetőleg csökkent volna.

### I. Az elszóródás termékei.

E tanulmány célja: egy csoportba foglalni bizonyos új jelenségeket, a melyekről, mikor egyenként tanulmányozzuk őket, nem látszik, hogy rokonságban állnak egymással.

Először az atómkok disszociációjának termékeit kell tanulmányoznunk, a melyekről ki lehet mutatni, hogy különböző eredetük ellenére azonosak.

A származott termékek változnak mennyiségökre nézve; kibocsátásuk sebes-

sége néha rendkívül különböző, de természetök ugyanaz marad.

Mindenekelőtt szükséges a rendszeren használt kifejezések valódi értelmét megállapítani, mert ezekre nézve nagy a zűrzavar. A körülbelül 10 év óta felismert jelenségek megváltoztatták a használt kifejezéseket, szintúgy az elméleteket is, a melyek alapján keletkeztek. Mivel a különböző jelenségeket más-más kutatók figyelték meg, ugyanazon kifejezés más más értelmezésben részesült.

Az »*ion*« szót pl. sóoldatok különvált elemeire alkalmazzák, de egyúttal azokra

\* *Gustave Le Bon*, *La dématérialisation de la matière*. *Revue Scientifique*. 1904. II.-ik félévi 20. és 21.-ik szám.

is, melyek az egyszerű testek disszociációjából keletkeztek. — Lorenz fizikus fölváltva használja az »ion« és »elektron« szót, melyet mások egészen másként értelmeznek.

Ha tisztán a kísérletileg megállapított tényekre szorítkozunk, az anyag disszociációjából származó termékeket öt csoportra oszthatjuk. Ezek: a) Félig-meddig anyagi természetű kiáramlások (emanációk), melyek a gázak némely sajátosságával bírnak, de önként tudnak elektromos részecskékre bomlani; b) negatív ionok; c) pozitív ionok; d) elektronok és kathód-sugarak; e) x-sugarak és hasonló sugár-  
nemek.

A jelenlegi értelmezések legnagyobb része azon kísérletekből indult ki, a melyeket »a gázak ionizálása« névvel jelöltek. Mióta a kathód-sugarakat, x-sugarakat és a radioaktív anyagok kisugárzásait tanulmányozták, megállapították, hogy közös sajátosságuk valami olyan-  
nak kibocsátása, a mi a levegőt és más gázokat az elektromosság vezetőjévé teszi. Az így vezetőkké tett gázokkal elektromos töltéseket lehet közönyösíteni, ha a sűrítő lemezei között elvonulnak. Ebből arra következtettek, hogy a gázak elektromos állapotban voltak. Ez annál meglepőbb volt, mert a régebbi kísérletek mind azt igazolták, hogy a gázokat nem lehet elektromossá tenni. Valóban, a gázak akármeddig hagyhatók valamely, igen magas potenciálú elektromos testtel érintkezésben, a nélkül, hogy az elektromosságnak nyomát is elárulnák. Ha ez másként volna, semmiféle elektromos felület, — pl. valamely elektro-  
szkóp gömbje — sem bírná megtartani töltését.

Éz teljesen új tényállás volt, mely magában rejtette az anyag disszociációját; de erre akkor senki sem gondolt. Kapcsolatot kerestek tehát a régebbi elméletekkel. Ilyent csak egy nyujtott: a

sóoldatok ionizálása az elektrolízis alkalmával. Tehát ehhez fordultak.

Csakhogy az ionizálás régi elmélete csak összetett testekre vonatkozik és nem az egyszerűekre. Alapvető tételnek tartották, hogy egyszerű test nem disszociálódhatik. A sóoldatok és egyszerű testek ionizálása annál kevésbé volt hasonló, mert ha az elektromos áram valamely só elemeit választja külön, a vegyület összetétele szerint nagyon különböző testeket kapunk; az egyszerű test mindig ugyanazon terméket adja: pozitív vagy negatív elektromos molekulákat és semmi mást.

Ezen az ionizálás módja sem változtat és az ú. n. ionok elektromos töltése minden testre nézve ugyanaz. Ebből arra lehet következtetni, hogy az ató-  
mok disszociálásra rátermettek s hogy ugyanazon alkotó részekből állanak. Az »ionizálás« kifejezés tehát az egyszerű testekre alkalmazva, nem jelenthet egyebet, mint az ató-  
mok disszociációját.

Vizsgáljuk most már az előbb említett termékek természetét.

#### a) Az emanáció.

A Rutherford-tól így nevezett termék félig anyagi természetű, melyet a thóriumban és rádiumban fedezett fel.

J. J. Thomson újabb vizsgálatai szerint a legtöbb közönséges testben is megvan, mint pl. a vízben, homokban, kőben, agyagban stb. Ezt tehát mint az anyag disszociációjának szokásos mód-  
dozatát lehet tekinteni.

Az emanáció az anyagi testek sajátosságaival is bír. Folyékony levegő segítségével gáz módjára lehet sűríteni és foszforeszkálása révén látni is lehet. Lepecsételt üvegben egyideig eltartható, de nemsokára elillan, elektromos részecskékké alakulva át s ekkor megszűnik anyagi lenni. Az elektromos részecskéket

pozitív ionok alkotják (Rutherford-féle  $\alpha$ -sugarak), a melyekre bizonyos idő múlva elektronok következnek (Rutherford-féle  $\beta$ -sugarak) és x-sugarak ( $\gamma$ -sugarak).

Ramsay megállapította, hogy a bizonyos ideig üvegbe zárt emanáció a hélium spektrumát adja, s ezért héliumra való átalakulására gondolt.\* Mivel ez a hélium igen gyorsan elillan, bármilyen vastag is az üveg, a melybe zárták, azt kellene gondolni, hogy a rendes héliumtól egészen elütő sajátosságai vannak, mert ez üvegbe zárva sohasem illan el és nem változik meg. Ezt a valóságos átalakulást, melyet csak mulékony spektrumvonalak jeleznek, annál nehezebb elfogadni, mivel az atomok, a bennök rejlő energia nagyságához mérten, óriási mennyiségű energiára szorulnak, hogy alakulhassanak.

Ámbár az »emanáció« disszocziációja révén elektromos részecskéket tud alkotni, maga nincs ellátva elektromos töltéssel. Ez lényeges pont, melyet McClelland tanár állapított meg újabb vizsgálataival.

Rutherford szerint az »emanáció«-nak lehet tulajdonítani az indukált radioaktivitást, melyet minden test tanúsít, főleg a fémek, ha radioaktív testek közelébe vannak helyezve s a mely hetekig tarthat a radioaktív testek eltávolítása után.

### b) Pozitív és negatív ionok.

Már régi elmélet az, — mely azonban újabb időkben rendkívül tágult, — hogy az összes atomok határozott nagyságú

\* Lásd bővebben Zemplén Győzőnek »A testek radioaktív viselkedése« című közleményében (Term. tud. Közl. 1905 július-szeptemberi száma), a mely külön füzetben is megjelent s Társulatunkban 1 koronáért kapható.

elektromos részecskékből, úgynevezett elektronokból állanak.

Tegyük most fel, hogy valamely test, pl. gáz disszocziálva, vagy, mint mondják, ionizálva van. A mostani felfogás szerint a belsejében pozitív és negatív ionok alakulnak, a következő módon:

1. az atom veszt elektronjaiból;
2. ez elektronok közönyös molekulák csoportjával vevődnek körül s együttesen negatív iont alkotnak;
3. az atom, mely elektronjainak egy részét elveszítette, pozitív töltésbeli többlettel rendelkezik s közönyös molekulákkal körülveve, pozitív iont alkot.

Ez lényegében a mostani elmélet, melyet számos kutató vizsgálatai alapján elfogadtak, a sok ellenvetésnek ellenére, a mely keletkezett.

Az imént leirt folyamatnak azonban csak a rendes légnyomás mellett van helye. A légüres térben az elektronokat nem környezi közönyös molekulák csoportja, hanem elektron-állapotban maradnak és nagy sebességre tehetnek szert. A légüres térben tehát nem lehet negatív ionok alakulását észlelni. A pozitív iont nem veszik körül mindjárt kezdetben közönyös részecskék, de mivel mindabból áll, a mi az atomból marad, mindig terjedelmesebb s ezért sebessége aránylag csekély.

Megtörténhetik néha, — és ez az eset áll be a radioaktív anyagok kibocsátásakor, — hogy a negatív elektronok a rendes nyomás mellett hajtatnak ki az atomból, még pedig oly nagy sebességgel, hogy a közönyös molekulák vonzása nem érvényesülhet. Ekkor nem alakulnak át negatív ionokká, hanem megmaradnak elektron-állapotban. Ezek alkotják a Rutherford-féle  $\beta$ -sugarakat.

Ha a nyomás és sebesség nem hat közre és a negatív és pozitív ionok légköri nyomáson képződnek, körülbelül ugyanaz a térfogatuk. Méreteik csak akkor

különböznek lényegesen, mikor légüres térben keletkeznek, vagy mikor igen nagy sebességgel bocsátatnak ki. Valóban, a légüres térben az elektron — a negatív ion magva — nem veszi magát körül közönyös molekulákkal és megmarad elektron állapotában. Tömege különböző méresek szerint nem múlja felülegy hidrogén-atóm ezredrészét.

A mi az olyan atómból fennmarad, a mely elektronjainak egy részét elvesztette, vagyis a pozitív ion, körülbelül oly tömegű, mint egy hidrogén-atóm s így mintegy ezerszer akkora, mint az elektron.

Az ionok általános alkata a különböző esetekben ugyanaz marad. Alapvető alkatrészek mindig az elektron.

#### c) Elektronok és kathódsugarak.

Az elektronok, vagy elektromos atómkok, mint láttuk, a negatív ionok magvai. Minden idegen anyagtól mentesen megkaphatjuk őket akár a Crooke-s-féle csövekben (a midőn kathódsugaraknak nevezik), akár radioaktív anyagok segítségével (a midőn  $\beta$ -sugaraknak nevezik), de különböző eredetök daczára hasonló sajátosságúak. A meglepőbb ezek közül (azon kívül, hogy x-sugarakat tudnak létrehozni) az, hogy fémes lemezeket keresztülhatolhatnak a nélkül, hogy elektromos töltésüket elveszítenék, a mi ellenkezik az elektromosság alapvető sajátosságaival. A leghevesebb kisülések sem tudnak a földdel összekötött fémlapokon áthatolni, bármilyen vékonyak is azok. Ez elektronok határozott nagyságúak és bármily eredetűek is, elektromos töltésök van, vagy legalább is bizonyos mennyiségű elektromosságot közönyösíthetnek, a mely mindig ugyanaz. Mivel a pozitív ionokat az anyagtól nem lehet elválasztani, ennek leglényegesebb sajátosságával kell rendelkezniök, vagyis a sebességtől független anyagúaknak kell lenniök. Az

elektronok tömege a sebességtől függ. Mozgó elektronok úgy viselkednek, mint az elektromos áram, mivel mágneses mező kitéríti irányukból. Ez vezetett arra a nézetre, hogy az elektromos áramot az elektronok mozgása idézi elő.

#### d) X-sugarak.

Ha Crooke-s-csőből, vagy radioaktív anyagból kibocsátott elektronok akadályra találnak, olyan sugarakká alakulnak át, a melyeknek az »x-sugár« (Röntgen sugár) nevet adták, midőn Crooke-s-csőből származnak, ellenben » $\gamma$ -sugár« nevet, ha radioaktív test sugározza ki őket. Ezeket a sugarakat az elektronoktól különbözőknek tekintik, mivel mágneses mező nem téríti őket ki és mégis minden testben elektromosságot keltenek, a melyre rácsnek. Egyenes vonalban terjednek tova s mint ismeretes, minden anyagon áthatolnak, még fémlemezekben is. Ha az x-sugarakat csupán az éter rezgései alkotnák, a mint általában gondolják, azon jelenségek közé tartoznának, melyeket régebben anyagnélkülieknek neveztek és a melyek kizárólag az éterben mennek végbe. Mégis lehetséges, hogy csak az anyagi dolgok legszélső határán vannak és az anyag elszóródásának utolsóelőtti fázisát képviselik.

Hogy a mágneses mező nem téríti ki az x-sugarakat, az még nem elegendő bizonyíték arra, hogy nem elektromos természetűek. Tegyük fel, hogy olyan elektronok alkotják, a melyek még finomabbak, mint a rendes negatív elektronok s hogy a helyett, hogy a fénysebesség  $\frac{2}{3}$ -ad részével haladnának, csakugyan a fény sebességével haladnak tova. Az ilyen sebességű elektronoknak végtelen csekély anyagúaknak kellene lenniök. Így tehát nem lehetnének mágneses mezőtől eltéríthetők, habár elektromos atómkokból állanának is.

Bármint legyen is a dolog, az ionok, elektronok és x-sugarak mindig elektromosságot hoznak létre, ha testekkel érintkeznek. A tények, melyek bizonyítják, hogy az elektromosnak nevezett atom az

anyag elszóródásának utolsó terméke, naponként szaporodnak. Az emanáció, ionok, elektronok, x-sugarak, elektromosság, valóságban az anyag elszóródásának csak különböző fázisai.

## II. A disszocziáció különböző formái.

**A gázak atómjainak elszóródása.** Az egyszerű testek disszocziációját először a gázakon tanulmányozták, még pedig oly időben, mikor az atomok disszocziációjáról szó sem lehetett. A jelenséget akkor az ionizálás néven említették. Ezt azonosnak kell venni az anyag disszocziációjával. Valamely gázt ionizálni annyit tesz, mint belsejében valamely módon olyan molekulák alakulását előidézni, a melyeket az ionok nével jeleztünk, a melyek elektromos töltésűek s a gázakat az elektromosság vezetőivé teszik. Az ellenkező jelű ionok mennyiségre egyenlők s ez okozza, hogy ionizált gáz tömege egészében véve nem árul el semmiféle töltést. Ez különben megegyezik mindazzal, a mit az elektromosságról régóta tudunk. Lehetetlen bármelyik jelű elektromos töltést előállítani, a nélkül, hogy ugyanakkor vele egyenlő, de ellenkező jelű töltés ne keletkezzék. Ha azonban ionizált gázt két párvonalos fémlemez közé vezetünk, melyek egyike pozitív, másika negatív elektromos töltésű, ezek vonzzák az ellenkező jelű ionokat s elektrométerrel meg lehet állapítani a lemezek töltésének csökkenését. Eközönnyösítés nagyságából következtetni lehet az ionok töltésére, mely ugyanaz minden testre nézve. Az ionizált gáz egy ideig megtartja vezetőképeségét, de nem tartja meg mindig s végre az elektromos töltést nem lehet kimutatni. Ebből arra következtetnek, hogy a pozitív és negatív ionok ismét egyesültek. Ez az egyesülés nyilván nem alkothatja azt a gázt, a melyből az ionok származtak, mert ez az anyag

megteremtése volna. Az ionok egyesülése egyszerűen azt az ismeretlen elemet hozza létre, a melynek létezését az elmélet föltételezi s a melyet közönyös elektromoságnak neveznek.

Az ionok egyesülésének gyorsasága azon testek szerint változik, a melyek őket kibocsátották. Ugy látszik, hogy az ionok egyesülésének gyorsasága arányos a jelenlevő ionok számával s ezért van, hogy ez a gyorsaság igen nagy olyan gázakra nézve, a melyeket igen ható test, pl. a rádium ionizált. Szilárd részecskék jelenléte igen siettetti az ionok egyesülését, a mit könnyű megállapítani dohányfüstnek elektromos töltésű fémlapok közé fuvásával, a melyek között ionizált gáz áramlik. Ma általánosan megengedik, hogy az ionok, akármily eredetűek is, hasonlóak s ez a nézet elektromos töltésük azonosságára van alapítva.

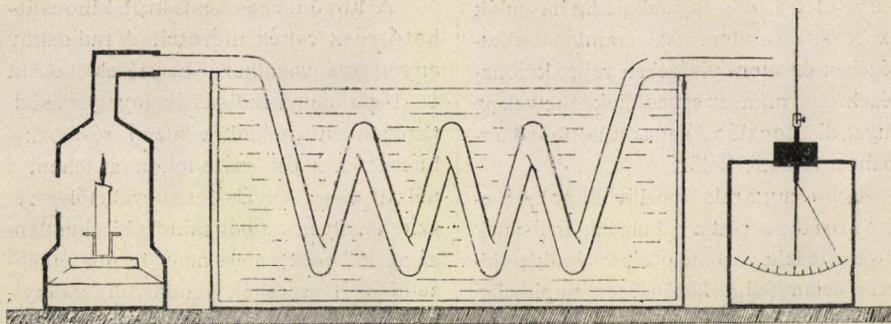
Le Bon kísérletei ellenkezőleg arra vezettek, hogy különböző ionokra nézve jelentékeny különbségeket tételez fel. Tudniillik egyesülésök vagy eltűnésök sebessége nagyon változik eredetök szerint. Ime pl. három eset, a melyekben az ionok nagyon különbözően viselkednek.

1. *Elégés útján keletkező ionok.* Áthatolhatnak két méter hosszú fémcsövön is és mégis hatnak a cső végén felállított elektroszkópra. Égő gyertya t. i. zárt tartóban van (1. ábra), melybe oldalt levegő áthatolhat s az égési termékek kigyózó, lehűtött fémcsövön át haladnak. A keletkező ionok rendkívül lassan közönyösítik egymást, mert a hosszú csőből ki-

lépve is megfosztják az elektroszkópot töltésétől.

2. *Chemiai hatás alapján keletkező ionok.* Csak a hidrogén fejlesztését említtem nátrium-amalgámnak vízre való hatásából. A keletkező ionok néhány centi-

méternyi csövön való áthatolás után majdnem teljesen eltűnnek. Az *A* hidrogénfejlesztőpalaczkból (2. ábra) t. i. derékszögben meghajlított rövid, keskeny *BC* üvegcső nyúlik ki, a melynek vége a *D* elektroszkóp közelében van. Ha a cső, melyen



1. ábra. Az anyag disszociációjára elégs útján.

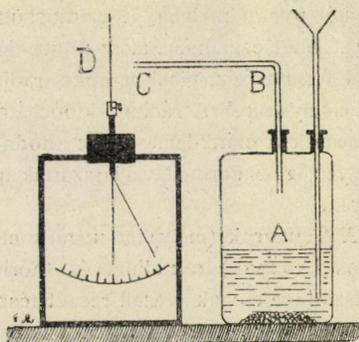
a hidrogén kiáramlik, kissé hosszabb, az elektroszkóp kisülése majdnem nulla.

3. *Foszfor oxidációjára keletkező ionok.* Mosópalaczkon át, mely vizet tartalmaz, olyan levegőt engedünk áthaladni, mely igen apróra osztott foszfordarabkákat tartalmazó üvegen áramlott keresztül. Ennek elektroszkópra való hatásából látszik, hogy a víz nem tartotta vissza mind az ionokat. Ezek között tehát különbségek is vannak tagadhatatlan hasonlatosságuk mellett is.

Az ionok sebessége a levegőben nagyon különbözik a légüres térbeli sebességtől. A rendes légnyomáson másodpercenként csak centiméterekre terjed. Ha ellenkező elektromosságú fémlemezek között áramlanak, sebességük arányos az elektromos mező intenzitásával. Van azonban a mező intenzitásának maximuma, a melyen túl a sebesség nem növekedik; az ennek megfelelő áramot telítettnek nevezik.

A maguktól igen radioaktív anyagok elszóródása. A radioaktív anyagok,

mint a thórium, uránium, rádium, a disszociáció termékeiül nem adnak egyebet, mint bármely más test. Főérdekeségük abban áll, hogy jelentékeny mennyiségben bocsátják ki azon elemeket, a melyeket más testek csak nagyon csekély mértékben adnak ki. Rutherford, ki igen behatóan tanulmányozta a radioaktív testeket és Curie-vel együtt majdnem minden rájuk vonatkozó tény



2. ábra. Az anyag disszociációjára kémiai reakció útján.

nyiségben bocsátják ki azon elemeket, a melyeket más testek csak nagyon csekély mértékben adnak ki. Rutherford, ki igen behatóan tanulmányozta a radioaktív testeket és Curie-vel együtt majdnem minden rájuk vonatkozó tény

megállapított, sugárzásukat  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  betűkkel jelezte, a mely jelzést ma már elfogadták; e különböző elnevezések azonban a már említett termékeket jelölik meg. Az  $\alpha$ -sugarak pozitív ionokból állanak; a  $\beta$ -sugarakat alkotó elektronok ugyanazok, melyek a kathód sugarakat hozzák létre, a  $\gamma$ -sugarak pedig hasonlóak az x-sugarakhoz. Az áramlás sebességében és mennyiségében rejlő különbségek jóformán az egyedüliek, melyek az anyag disszocziációjának különböző formáiban fölismerhetők.

Az  $\alpha$ -sugarak (pozitív ionok) Rutherford szerint a rádium sugárzásának 99%-át teszik. Áthatoló képességük majdnem semmi, ha közönséges papíroslap állja útjokat. A levegőt az elektromosság vezetőjévé teszik és mágneses mező eltéríti irányukból, de ellenkező értelemben, mint a  $\beta$ -sugarakat. Sebességek állítólag a fénysebességnek tizedrésze. Az  $\alpha$ -sugarak állandó kibocsátását könnyen ki lehet mutatni a szpintariszkóppal, a mely kis készülék láthatóvá teszi a disszocziáció jelenségét. A készülék lényegileg nagyító üveg, melyen át cink-szulfidlemez lehet észlelni, a mely fölött, igen közel a lemezhez, piczi darabka rádium van elhelyezve.\* A rádium kibocsátotta részecskék a cink-lemezkéhez ütődnek, a melyen egész garmadával látszanak apró szikrák.

A  $\beta$ -sugarak (melyeket negatív elektronok okoznak) a rádium és thórium emissziójának csak század részét teszik. Mágneses mező az  $\alpha$ -sugarakkal ellenkező értelemben téríti ki őket, tehát úgy mint a Crookes csőben levő katódsugarakat, a melyektől csak nagyobb sebességekkel különböznek. Áthatoló képességek sokkal nagyobb, mint az  $\alpha$ -sugaraké, mert több milliméternyi vastag fémlemezeken is képesek áthatolni. Sebességek, mely elég

változó, a fénysebességnek csak 96 századrészt éri el.

A  $\gamma$ -sugarak mintha azonosak lennének az x-sugarakkal, de nagyobb átható képességűek, mert több centiméternyi vastag aczélemezeken hatolnak keresztül. Mágneses mező nem téríti őket el.

**A közönséges testektől kibocsátható részecskék méretei.** A radioaktív anyagokra vonatkozó becslések szerint 1—1 grammnyi radioaktív anyag másodpercenként milliókra menő részecskét bocsát ki, s ezt századokon át teheti, a nélkül, hogy súlyából észrevehetőleg veszítene. Ilyen számok mindig bizalmatlanságot keltenek, mert nem bírjuk elképzelni a részecskék rendkívüli parányi-ságát. Ez a bizalmatlanság megszűnik, ha megállapítjuk, hogy igen közönséges anyagok éveken át forrásai lehetnek kis részecskék bőséges kiáramlásának, melyeket szagló szervünkkel észrevehetünk, a nélkül, hogy valamely disszocziációnak volnának alávetve s a nélkül, hogy a kibocsátást a legérzékenyebb mérleggel meg lehetne állapítani.

Berthelot újabban érdekes vizsgálatokat végzett e tárgyra vonatkozólag. Megkísérelte meghatározni azt a súlybeli veszteséget, a mely igen szagos, de nagyon kevésbé illékony anyagokat ér. A szaglás szerve végtelenül érzékenyebb, mint a mérleg s így bizonyos anyagokra, pl. a jodoformra nézve a milligramm milliomodrészeinek századrésze is könnyen észrevehető.

Ilyen testekkel végezte kísérleteit s arra az eredményre jutott, hogy a jodoform egy grammja egy év alatt súlyából a milligrammnak csak egy századrészt veszíti s így száz év alatt csak egy milligrammot, habár szünet nélkül bocsát ki magából minden irányban szagos részecskéket. Berthelot szerint a mosusz talán még ezerszerre kevesebbet veszít súlyából.

\* Képét lásd az idézett füzet 43. lapján.

E kísérletek némi fogalmat nyújthatnak arról, hogy mennyi részecske lehet az anyag igen csekély mennyiségében is.

Számuk óriási, bárha nem is érintkeznek és csak kölcsönös vonzásuk tartja őket össze.

### III. Az elektromosság mint az anyag elszóródásának egyik fázisa.

Az elektromosság mindinkább mint egyetemes erő tűnik fel s a fizikusok arra törekcsenek, hogy a többi mind ezzel tegyék kapcsolatba. Azt már megállapították, hogy a fény az elektromosságnak egyik formája. Több fizikus jelenleg az atomok alapelemének tekinti.

A mit az elektromosságról évezredek óta tudtak, mindössze annyi, hogy bizonyos gyantás anyagok dörzsölés után könnyű testeket magukhoz vonzanak. Arra senki sem gondolt, hogy más testek ugyanilyen sajátságúak lehetnek, vagy hogy a dörzsölést nagyobb felületre terjesztvén ki, erősebb hatások volnának elérhetőek. Századok multak el, míg akadt ember, a ki ezen kérdéseket fölvetette; a mint a kérdés felmerült, el kellett készülnie a dörzsöléssel elektromozó gépnek az ő hatásaival. Ezek között legfölsőbb volt az elektromos szikra, melynek nyilvánulásai új erő jelenlétét tüntették fel. Régebben az elektromosságot csak elég fáradsággal tudták előállítani, mai nap azonban mindenütt reá bukkanunk s nem az előállítása nehéz, mint inkább elkerülése, ha valamely jelenséget akarunk létrehozni.

Egy csepp víz, a mely leesik, kis gáz-tömeg, melyet a Nap fölhevít, két külön-nemű test érintkezése stb., mind forrása az elektromosságnak. Az életben uralkodó tényező; nincs olyan változás a sejtekben, nincs olyan életfolyamat a szövetekben, a melyben ne működne közre az elektromosság. Az elektromosság, bármily formában jelenkezik is, az atomok disszocziációjának lényeges terméke.

Hogy az elektromosság valójában mi-csoda, azt nem tudjuk, bár keletkezésének számtalan módját ismerjük. A leg-egyszerűbb esetet véve föl, dörzsölt üveg, vagy gyantarúd elektromos gépet alkot; a használatos gépek csak annyiban különböznek ettől, hogy a dörzsölés felülete nagyobb és hogy lehetővé van tölve, hogy az ellenkező elektromosságokat különválasztjuk az ú. n. sarkokon, melyeket egymáshoz közelebb vagy távolabb helyezhetünk el. Most csak ilyen gépekkel foglalkozunk. Az áramlás ereje rendkívül csekély, de feszültsége igen nagy s könnyen eléri az 50000 voltot.

Épen ez a körülmény teszi lehetővé, hogy a szigetelt sarkoktól kibocsátott elektromos molekulák hasonlóságát a radio-aktív anyagokból kibocsátottakkal megállapítsuk. Valószínű különben, hogy a dörzsölés az atomok disszocziációjának egyik eszköze s így működteti az atomokon belül levő energiát. Ez utóbbi nyilván nem hat azon összetett testek molekulás disszocziációjában, a melyek a galván elemeknek alkotórészei, s ezért lép ki az elektromosság ezekből nagy bőségben, de csekély feszültséggel (1—2 volt). Ha a statikai elektromos gép áramerőssége elérhetné a leggyengébb galván elemét, igen nagy ipari munkát végezhetne. Ha rendes elektromos gépet működtetünk, a következőket észlelhetjük:

Mikor a sarkokat tartó rudakat nagyon széthúzzuk, végeiken igen kis szikrák pamatját látni, melyek jellemző zajjal hagyják el a sarkokat. E szikrácskák szerkezete bizonyítja, hogy van hasonlóság közöttök és a radioaktív anyagok

termékei között. Ha a két sarkot fonállal kötjük össze, melybe galvanométert iktatunk, a mágnesű kitérése megmutatja, hogy ú. n. áram kering. Ez épen olyan, a milyen telegráfvezetékünkben kering s melyről jelenleg azt tartjuk, hogy elektromos részecskék, elektronok egyesüléséből származik, a melyeket a gép folyton készít.

Ha a két sarkot csak közelítjük egymáshoz, a nélkül, hogy összekötnők őket, a szikrapamatok megnyúlnak s némileg erősebb gép használatakor sötétben világító felhőt alkotnak, mely a két sarkot összeköti. Ha a két sarkot jobban közelítjük, a vonzás az ellenkező elektromos részecskék között sokkal erélyesebb. E részecskék kis számú vonalba, vagy csak egy vonalba sűrűnek és a kétféle elektromosság egyesülése hosszú, fényes és csattogó szikrában történik. A szikrák nyilván mindig ugyanazon alkotó elemekből állanak, mert csak a sarkok távolsága változott. Hogy ez elemeket vizsgálhassuk, az egyesülés megtörténte előtt kell őket tanulmányozni, vagyis mikor a sarkok egészen szét vannak húzva.

A kísérletezők mind megegyeznek abban, hogy a kibocsátott részecskék ionokból és elektronokból állanak, a melyekről megelőzőleg volt szó. A pozitív sarktól pozitív ionok távoznak, a negatívól azok a tisztán elektromos atomok, melyeket elektronoknak nevezünk. Ellenében azzal, a mi a légüres térben történik, ez elektronok a gázalakú részecskék számára rögtön vonzó központtá s így negatív ionokká válnak, melyek azonosak a gázak ionizálása alkalmával keletkezőkkel. Az ionok illetően kiáramlását mellékes jelenségek kísérik: hő, fény stb.; egyúttal a sarkoktól fémrészecskék is indulnak ki, melyek sebessége J. Thomson szerint másodpercenként 1800 métert is elérhet. Ha szikrák képződnek, az elektromos nyomás elérheti

a 100 atmoszférát. Az ionok sebessége, melyek a sarkoktól kiindulnak, az itt levő elektromos feszültségtől függ. Ha ezt szapora váltakozású rezonátorral több százezer voltra emeljük, a kis szikrapamatok láthatólag és minden eltérítés nélkül áthatolhatnak  $\frac{1}{2}$  mm vastag szigetelő lemezekben. Ez oly kísérlet, melyet G. LeBon, Oudin-nal együtt végzett. Közvetétele nem keltett feltűnést, habár ez volt az első eset, hogy elektromos molekulák láthatólag áthatoltak az anyagon. Hogy üveglapot szikrával át lehet ütni, azt már régóta tudják, de ez csak mechanikai hatás. Az említett szikrapamatok nem rongálják meg a testeket, melyeken áthatoltak, akárcsak a fény. Ezt a kísérletről készített fotográfiák kétségtelenül igazolták. Czélserűbb még az elektromos gép sarkait csúcsosá alakítani. Ekkor könnyen meg lehet állapítani, hogy az, a mi elektromozott pontból indul ki, ugyanaz, a mit radioaktív anyag bocsát ki. Az egyedüli különbség az, hogy ilyen pont a rendes légnyomáson nem idéz elő x-sugarakat. Hogy ezeket észlelhessük, szükséges a sarkpontokat oly vezetővel összekötni, a mely lehetővé teszi, hogy a kisülés léghíjas térben történhessék. Ez esetben az x-sugarak keletkezése elég bő arra, hogy bárium-platinacianürnyőn látható legyen pl. a kéz csontváza.

Hogy az x-sugarak nem keletkeznek a rendes légnyomáson, az egyezik az elmélettel. Az x-sugarak csak az elektronok ütközésekor keletkeznek, ha sebességök nagy. Ámde a rendes nyomású levegőben az elektronok ionokká válnak, a mennyiben közönyös részecskék csatlakozása miatt nem bírják megtartani azt a sebességet, a mely az x-sugarak előállítására szükséges. Ezt nem számítva, az elektromozott pontból kiinduló részecskék teljesen összehasonlíthatók a testek atomjainak disszocziációjából keletkező termékekkel. Vezetővé teszik a levegőt az

elektromosság számára és a mágneses mező eltéríti őket.

Az elektromos részecskék, vagyis az ionok kibocsátása a levegő részecskéi közé idézi elő, a mit elektromos szélnek neveznek, a mi lángot elolthat és kis Segner-kerék alakú vezetőt forgathat. Itt a kibocsátott ionok mozgási energiája az, a mely átmege a levegő részecskéire és eltolja.

A gép sarkait alkotó pontok fluoreszkáló hatást kelthetnek, mely nagyon hasonlít ahhoz, melyet a rádiummal lehet előidézni. Sőt utánozni lehet velők a szpintariszkóp jelenségeit. Ehhez elegendő, hogy sötétben a gép egyik sarkával (jobb a pozitív sark) összekötött rudat, mely finom csúcsban végződik, néhány cm-re bárium-platinacianür-ernyőhöz közelítsünk, a másik sark pedig a földdel van összekötve. Ha az ernyőt nagyító üveggel figyeljük, ugyanazt a finom szikraesőt lehet látni, mely a szpintariszkópban látható s az ok nyilván ugyanaz.

Az ionok, melyek valamely statikai gép sarkaiból kiindulnak, általában nem nagyon áthatoló képességűek; legalább nem jobban, mint a rádium  $\alpha$ -sugarai. Mégis lehetővé teszik, hogy fekete papiroslap mögött fotografiai hatás keletkezzék, ha a feszültség elég nagy. Elég a lemásolandó tárgyat, pl. valamely érmet, fotografiai lemez fölé helyezni, mely a gép egyik sarkával összekötött fémlapon nyugszik; az érem fölött a másik sarkkal összekötött rúd van. Egyetlen szikra elegendő. A hatást nem lehet a fénynek tulajdonítani, mivel az érmet a lemeztől fekete

papiroslap választja el. A jelenség valójában nagyon bonyolódott.

Az elektromozott pontokból kiinduló ionokat legtöbbször fénykibocsátás is kíséri, mint bizonyos radioaktív anyagoknál is.

E fény spektruma rendkívül kiterjedt. LeBon vizsgálatai szerint a Hertzféle hullámoktól kezdve, melyek hossza 2—3 mm, egész az ultraibolya hullámokig terjed, melyek hossza kisebb, mint 0 230  $\mu$ . Az ultraibolya-fény jelenléte a szikrák spektrumában ismeretes; Leduc volt az első, a ki az elektromozott pontok szikrapamataiban kimutatta.

Minden elektromozott pont körül van elektromos mező, mely elég nagy távolságban világitásra indítja a Geissler-féle csöveket, sőt még fluoreszkáló anyagokat is.

LeBon kísérletei szerint elektromozott pontból kiinduló kisülés nemcsak az ultraibolya-fénynek forrása, hanem Hertzféle hullámokat is bocsát ki.

\*

Összefoglalva az eddigieket, mondhatjuk, hogy bármely módon elektromozott testolyannak tekinthető, melynek atomjai a disszociáció kezdetén vannak. Ha ennek termékei a légüres térbe küldetnek, azonosak azokkal, melyeket radioaktív anyagok bocsátanak ki. Ha levegőbe jutnak, csak annyiban különböznek az előbbiektől, hogy sebességük csekélyebb. Az elektromosság tehát az anyag elszóródásának legelterjedtebb módozata s így egyik formája az atomokon belül levő energiának.

#### IV. A Nap melege mint az anyag elszóródásának egyik formája.

A Nap melegére vonatkozó elméletek még mindig kétséget hagynak fenn a meleg forrására nézve s így lehet más magyarázatot keresni. Tisztában lévén az

energia azon óriási mennyiségével, mely az atomokban fel van halmozva, elegendő volna, hogy disszociációjuk gyorsabb legyen, mint a milyen most a kihűlt égi-

testeken, hogy létrehozza a hőnek azon mennyiségét, mely a csillagok fehér izzására szükséges. Nem is kell e végből azt a valószínűtlen feltevést tenni, hogy a rádium a Napon is megvan, mivel az összes anyagok atómjai az energia óriási készletével rendelkeznek. Előbb azt hitték t. i., hogy csak a rádium tud energiát fejleszteni, miközben disszociálódik.

Feltételezni, hogy oly égi testek, minő a Nap, maguktól birják hőmérséküket fenntartani azon hő következtében, melyet alkotó atómjaik disszociálása fejleszt, annyit tesz, mint azt mondani, hogy meleg test magában megtarthatja hőmérsékét külső hozzájárulás nélkül. Tudjuk azonban, hogy izzó test magára hagyatva, gyorsan kihül sugárzás következtében, habár jelentékeny atómi disszociáció székhelye; még pedig azért hül le, mert a hőmérsék emelkedése, melyet az atómok disszociációja okoz, sokkal csekélyebb, mint hővesztése a sugárzás következtében. Testek, melyek a leggyorsabban disszociálnak, mint a rádium, alig tudják a környezetnél 3—4 fokkal magasabb hőmérsékét megtartani.

De tegyük fel, hogy valamely test disszociációja ezerszer gyorsabb, mint a rádiumé, akkor a keletkező energia

mennyisége több, mint elegendő, hogy a test izzó maradjon.

A főkérdés tehát most már az, vajjon nem volt-e a dolgok keletkezése idejében, mikor az atómok ismeretlen természetű sűrűsödés következtében alakultak, az atómokban oly mennyiségű energia felhalmozva, hogy disszociációjokkal fehér izzásban tarthatták a csillagokat.

E föltevést L e B o n szerint azon számítások támogatják, melyeket az atómokban rejlő energia óriási nagyságára nézve végzett. Időközben J. T h o m s o n arra a következtetésre jutott, hogy az atómokban most valóban rejlő energia csak elenyésző csekély része annak, a melylyel régebben rendelkeztek s a melyet sugárzás által elvesztettek. Ha ez így van, akkor az atómok disszociálódásukkal a századok hosszú során át kiadhatták azon erőkészlet egy részét, a mely kezdetben bennök volt. Ez által képesek voltak és képesek most is magas hőfokon tartani az olyan égi testeket, mint a milyen a Nap és az álló csillagok. A kisebb térfogatú égi testek illetően energiakészlete idők folyamán csökkent; a disszociálás mind lassabb menetű lett, végre az elemek nagyobb állandóságra tettek szert s olyanokká lettek, mint a Föld és más bolygók, melyek már kihült égitestek.

## V. Kísérleti igazolás.

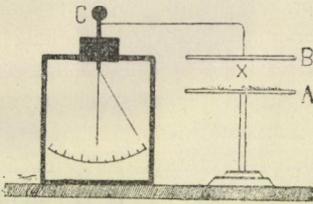
Hogy az anyag disszociációja, mely az ú. n. radioaktív anyagokon észlelhető, a természet összes testeinek tulajdonsága, mely a legkülönbözőbb okok alapján nyilvánulhat, azt először de Heen fogadta el. Legújabbán J. T h o m s o n mutatta ki, hogy a radioaktivitás igen sok közönséges anyag sajátja, mint pl. a vízé, a homoké, az agyagé, tégláé stb. Ez eredmények mindazt igazolják, a mit felhoztunk, de nem azt, a mit Elster és Geitel gondol, hogy mindenütt

rádiummal van dolgunk. A kik az anyagot elpusztíthatatlannak tartják, inkább hajlandók egy-két kivételes testről föltelezni, hogy disszociálódhatók, mint azt, hogy ez teljesen általános jelenség. Ha valamely test radioaktivitását chemiai hatásokkal módosíthatjuk s pl. igen nagy mértékben radioaktívvá teszszük az ön és higany vegyülékét, jöllehet egymagukban nem ilyenek, csakugyan nem lehet elképzelni, hogy itt is a rádiumnak van valami köze.

A legtöbb kísérlet, melylyel támogatni az anyag állandó disszociációjának elméletét, nagyon kényes természetű és csak jól felszerelt laboratóriumban ismételhető. De, midőn nincs arról szó, hogy alapvető kísérleteket végezzünk, a kísérletek egyszerűsíthetők s ilyenekről lesz a következőkben szó.

Kérdés, milyen jelenségekre támaszkodjunk, hogy az anyag disszociációját kimutathassuk?

Nyilván azokra, melyek a radioaktív anyagokat jellemzik, vagyis oly részecskék előállítására, melyek óriási sebességgel bocsátatnak ki, melyek a levegőt az elektromosság vezetőjévé teszik és mágneses mezőtől eltéríthetők. A foto-

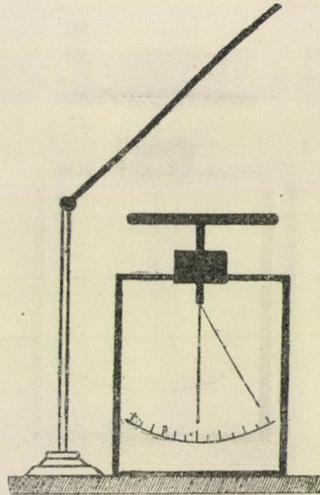


3. ábra. A testek radioaktív hatásának mérésére szolgáló eszköz.

grafiai hatások, foszforeszkálás és fluoreszkálásébresztése másodrendű jelenség.

Az eljárás annak kimutatására, hogy valamely test disszociált atomok részecskéit bocsátja ki — melyek a levegőt vezetővé teszik —, nagyon egyszerű; mérőskálával ellátott elektroszkóp kell hozzá. Az anyag, melyet alkalmasnak tartunk, hogy disszociálódjék (az ábrán x), A lapra van helyezve (3. ábra). Fölötte B lemez van elhelyezve, mely töltött C elektroszkóppal van összekötve. Ha az x test ionokat, vagy elektronokat bocsát ki, a levegő a két lemez között vezetővé válik és az elektroszkóp kisülése bekövetkezik. Az aranylemezkek összeesésének gyorsasága arányos a részecskék emissziójának erélyességével, a mely a disszo-

ciálás eredménye. Az elektroszkópot közönséges kísérletekre úgy is lehet használni, hogy felső lemezére helyezük a megvizsgálandó tárgyat. Kiválóan fontos, hogy a dielektrikum, a melyen át a fémpálcza az üvegbe nyúlik, tökéletes szigetelő legyen. Ezt csak úgy érhetjük el, ha a szigetelő anyag tiszta kén s ilyen elektroszkópot kereskedésben nem kaphatni. Paraffin, vagy paraffin és kén keveréke nem tartja meg sokáig szigetelő voltát, s a készülék magától elveszti töltését. Az elektroszkóp csak akkor hasz-



4. ábra. A disszociálódás összehasonlítására való készülék.

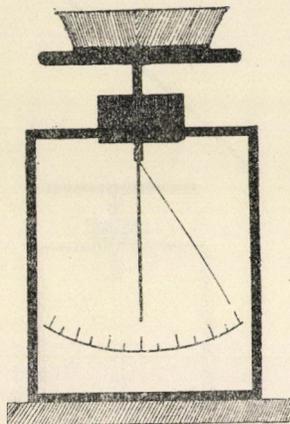
nálható ilyen vizsgálatokra, ha egy óra alatt legfeljebb 1<sup>0</sup>-nyi sülyedést mutat, midőn le van borítva fedőjével.

Egy másik kísérlet a fém disszociációja a fénv hatására.

Ónlemezt veszünk elő, mely négyzetes alakú, 10 cm élhosszal, és 2 mm vastag. Ezt szélein négy keskeny és jól enyvezett papiros-sáv segítségével ugyanolyan méretű kartonlapra erősítjük és 24 órán át higanyfürdőbe merítjük, időről időre letörölve az oxidréteget, mely az ón felületén képződött. Az így előkészített ónlemez,

melyet a kartonlap megóv a szakítástól, nagy mértékben megtartja radioaktivitását a fény hatására; csak felületét kell időről időre ujjunkkal gyengén megtörölni.

A kísérlet már most a következő. Az elektroszkópot ebonitpálcza segítségével megosztás útján megtöltjük, úgy, hogy töltése pozitív legyen. Az ónlapot úgy helyezük el (4. ábra), hogy a napsugarak ériék felületét; az aranylemezek néhány másodperc alatt összeesnek. Szétszórt fény hatására az összeesés lassabban megy végbe. Ha összehasonlítás kedvéért



5. ábra. Készülék a kémiai reakció okozta disszociálódás kimutatására.

az ónlemezsel egyenlő méretű ernyőt használunk, melyen thórium, vagy uránium oxidja van, tapasztaljuk, hogy az ón atómjainak disszociációja a fény hatására 40-szer oly gyors, mint a radioaktiv anyagoké.

Ha az ónlap helyett ugyanolyan méretű kartonlapot használunk, melyre uránium nitrátját (lakkba keverve) kentük, az aranylemezek esése 60 másodperc alatt sötétben 6<sup>o</sup>-nyi. Az ón-amalgámos lap ugyanazon helyzetben fény hatására 40<sup>o</sup>-nyi süllyedést okoz 10 másodperc alatt. Ez tehát körülbelül 40-szer oly

nagy radioaktivitásra vall, mint a milyen az urániumon észlelhető.

Ha Rutherford becslése szerint feltételezzük, hogy 1 g uránium 70000 részecskét bocsát ki másodpercenként, akkor a fémek, melyek a fény hatására 40-szer oly nagy hatóképességűek, körülbelül három millió részecskét bocsátanak ki másodpercenként.

Harmadik kísérletül említjük a kémiai hatás okozta radioaktivitást.

Ha a jelenséget csak minőségileg akarjuk előállítani, czélszerű a kísérleti anyagot az elektroszkóp lapjára helyezni, a melyet azután megelektromozunk. A legegyszerűbb eset, a melyben kémiai hatás okozza az anyag disszociációját, az, hogy fémes csészébe, melyet az elektroszkópra helyezünk, vizet teszünk és bele néhány darabka nátrium-amalgámot. Az elektroszkópot megtöltve, megfigyeljük a lemezek összeesését (5. ábra). Ez percenként  $\frac{1}{10}$ -nyi, ha a töltés körülbelül 140 voltnyi volt. Az anyag radioaktivitásával kapcsolatos különböző kémiai hatásokhoz tartozik a kénsavas chinin oldása. Ez az anyag, mint régóta tudjuk, foszforeszkál a hő hatására; de nem tudtuk, hogy miután elvesztette foszforeszkálását, ismét élénken világítóvá válik, mihelyt lehűl. E jelenség okát Le Bon abban találja, hogy gyenge hidratáció keletkezett, melynek következtében a test néhány perczig radioaktív lesz. A kémiai hatások okozta radioaktivitásra ez volt az első példa, mely azután sok másra vezetett.

Rutherford laboratóriumában igazolta ez eredményeket s elfogadta a következtetéseket; azt hiszi azonban, hogy a radioaktivitás vagy kémiai reakciónak, vagy »valamely ultraibolya-fénynek« következménye, melyet a foszforeszkálás idézett elő.

Ez utóbbit Le Bon azért tartja lehetetlennek, mert a foszforeszkálás sokkal

tovább tart, mint a radioaktivitás, a mi nem volna így, ha ez utóbbi annak a fénynek volna eredménye, melyet a foszforeszkálás létesít.

Rutherford azt hiszi, hogy az így keletkező kisugárzások különböznek azoktól, melyek a radioaktív testekből indulnak ki, mert — mint mondja — nagyon kevésé áthatoló képességűek. Pedig tudja, hogy ez nem bizonyít semmit, mert szerinte vékony papíroslap már visszatartja a rádium kibocsátásának 99 % -át és némely nagyon radioaktív anyag, mint pl. a polónium, csupán olyan kisugárzású, a mely épen nem átható természetű. Rutherford valószínűleg még azon nagyon általános nézetet vallotta, hogy a radioaktivitás csak kevés kiváltságos testnek a sajátja.

Érdekes végül J. Thomson azon tapasztalata, hogy fehéren izzó fém- vagy szénfonal hathatós forrása az elektronoknak, vagy oly részecskéknak, melyek azonosak a radioaktív testekből kiindulókkal.

Számuk óriási, mert az elektromosság mennyisége, a melyet közönyösíteni tudnak, több ampèrenek felel meg négyzet-

centiméterenként. Semmiféle radioaktív test sem bir annyi elektront előállítani. Az elégés általában oly folyamat, mely az anyag legerélyesebb disszociációjával jár.

Ha meggondoljuk, hogy a Nap szinképe arról tanuskodik, hogy sok szén van jelen a fotoszférában, következik, hogy ez égitest óriási mennyiségű elektront bocsát ki, melyek légkörünk felső rétegét érve, talán okai az északi fénynek, a mennyiben ritkított gázakat foszforeszkálásra indítanak. Ez egyezik azzal a föltevésünkkel, hogy a Nap melegét az alkotó anyag disszociációja tartja fenn.

\*

Látjuk, mennyire növekedik e disszociáció-jelenségek fontossága, mihelyt behatóbban vizsgáljuk őket.

Nemcsak a rádium radioaktív, hanem elektromozott pont, izzított fémfonal, test, melyre fény esik stb. E jelenség általánossága napról napra terjed és nincs messze az idő, a melyben az anyag disszociációjában a mindenség mindenemű energiájának forrását fogják látni.

CSEMEZ JÓZSEF.

## Afrika emlős állatvilágának származásáról.

Az utolsó években a közfigyelem egyrészt az *okapi* fölfedezése,\* másrészt fiatal harmadkorbeli (eocén) emlős állatok maradványainak lelete révén ismét Afrika állatvilága felé fordult. Lydekker ez újabb zoológiai és palaeontológiai adatok alapján az afrikai fauna származásáról ir tanulságos értekezést.\*\*

A fauna származásának kérdéséhez fontos anyagot szolgáltatottak a fayumi új fölfedezések.

Először is az elefántok és ősi rokonaik, a Mastodonok eredetének problémáját oldották meg, a mennyiben az ezelőtt annyira elszigetelten álló Ormányosak (Proboscidea) csoportját közelebbi kapcsolatba helyezték a Patásokkal, sőt rokonságot állapítottak meg elődjeik és a szirénák között, a melyek közül mai nap csak a manati és a dugong él. Továbbá az egyiptomi leletek, valamint néhány korábbi lelet Szamosz szigetén és Déli Európa más területén, a Hyrax-félék számos régi alakját hozták napfényre s bizonyítékokat szolgáltatottak e sajátos patás állatoknak az Ormányosokkal való szoros rokonságához.

Az új fölfedezések azonkívül arra a kérdésre is világosságot vetnek, vajjon az afrikai emlős-fauna egészben, vagy részben autochthon-e, avagy bevándor-

olt-e. A Szaharától délre fekvő »Aethiopiai Afrika« részben sok olyan állatfajnak és állatcsoportnak a hazája, a melyek másutt (néhány Délarábiában lakó faj kivételével) ma ismeretlenek: pedig jelenleg az aethiopiai területre szorítókozó típusok többjének, mint a vízilónak, a zsiráfnak, az okapinak, az antilopék különféle csoportjainak és a struccoknak is azelőtt Ázsiában, és a keleti féltéke északi részeiben másutt, többé-kevésbébbé közeli rokon alakjaik éltek.

Lydekker nyomán haladva, most az Aethiopiában hiányzó állatokat, azután az Aethiopiát jellemző főemlősöket, rovarvőket, ragadozókat és rágcsálókat kellene felsorolnunk; ezt azonban elhagyjuk s azonnal a patás állatokra térünk, a melyek a végkövetkeztetésben az Ormányosak mellett kizárólag szóba kerülnek.

A patások száma, melyek kizárólagos hazája Aethiopiai Afrika, igen nagy. Itt vannak legelőször is a zsiráfélék, nevezetesen a zsiráfok és az okapi. A zsiráfoknak legalább is három bőrrel bevont csontnyúlványuk van, ellenben az okapi himjének, a mint idáig ismeretes, csak egyetlen pár, a nőtényének meg egyáltalában nincs ilyen dudora. Mind a zsiráfokat, mind az okapit fogaik sajátos érdes zománcza és külső alsó metszőfogaik (melyek más emlős állatok szemfogainak felelnek meg) osztott vagy karé-

\* L. Term.-tud. Közl. 1902. évf. 166 l.

\*\* Quarterly Review 1904. 400. sz.

jos koronája tünteti ki. Kihalt zsiráfok maradványait Görögország, Perzsia, északi India és Khína pliocén rétegeiben találták, úgy hogy ez állatok a harmadkor ezen szakában Ázsiában messzire el voltak terjedve. E régi alakok egynémelyike, úgy látszik, rövidebb lábú volt mint mai rokonaik, a mi arra vall, hogy közös ősi típusaik voltak. Az okapihoz hasonló kérődzők (*Tragoceros* vagy *Samotherium*) Görögország, Szamosz, Khína stb. pliocén rétegeiből is ismeretesek s ezek között is csak a hímnek volt szarva, a nősténynek nem. Végre igen sok rokon kérődző volt, még pedig arányaikban óriások, mint a *Sivatherium* és *Helladotherium* Déleuropában, Ázsiában és Észak-Afrikában elterjedve: de Aethiopiai Afrika, vagy Egyiptom területéről ez állatoknak, egy kétséges fog kivételével, mely a felsőbb rétegekből került elő, egyetlen fossil nyomuk sem ismeretes.

A Szaharától délre fekvő vidék mai kérődzőinek seregét legnagyobb számban az antilopék alkotják. Fajaik, a valódi gazellák kivételével, mind olyan csoportokhoz, vagy nemekhez tartoznak, a melyek jelenleg az aethiopiai régió határain túl ismeretlenek, számba nem véve ama néhányat, a melyek e földrészt északi részét, Szíriát stb. lakják. Nagyobb alakjaik közül legelőször is a káma (*Bubalis caama*) és rokonai a hókás- és a tarka antilope (*B. albifrons* és *B. pygargus*) említendőek. E csoport néhány tagjának maradványait Egyiptom pleisztocén, kihalt alakjait pedig India pliocén rétegeiben találták.

Sorra veendőek továbbá a mocsárlakó antilopék (*Cobus*); velök látszólag egyazon nembe tartozó antilopék maradványai Északindia sziwalik dombjaiban (pliocén) fordulnak elő. Itt olyan kihalt antilopét is találtak, a mely a lóantilopékkal (*Hippotragus*) rokon; ez maga pedig Egyiptom pleisztocén rétegeiben fordul

elő fossil alakban. Az aethiopiai nyársas antilopé (*Oryx*) egy kihalt nemének típusa Görögország pliocén rétegében fordult elő. Még jelentősebb a mendeszantilope (*Addax*) maradványainak előfordulása Khína felületi rétegeiben. A pörgeszarvu elen-antilopék (*Oreas*), a kuduk (*Strepsiceros*), a mpongo (*Tragelaphus scriptus*) és a nádi antilopék (*Cervicapra*) szigorúan aethiopiai alakok. De az indiai nilgai-antilopében (*Boselaphus tragocamelus*) mégis közeli, ha mindjárt kevésbé specializált rokonuk van.

Ha most e csoport régebb történetét kutatjuk, úgy találjuk, hogy kihalt nilgai antilopék előfordulnak Indiában és Khínában, a hol a kudu- és elen-antilopék s talán a nádi antilope különböző típusa is megtalálható, és hogy a fossil elen-antilope Görögország pliocén rétegeiben s talán Indiaéiban is megvan. Ez adatok teljes jelentősége később fog kiderülni.

A nilusi víziló (*Hippopotamus amphibius*) s kisebb rokona (*H. Liberien-sis*) Libériában jelenleg csak Aethiopiai Afrikára szorítkozik, de az első régente egész Európában el volt terjedve, az utóbbi egy rokonának maradványait pedig a Földközi tenger szigetein a felületi rétegekben találták. Legrégibb ismert rokonaik maradványai azonban Északindia és Birma pliocén rétegéből valók, és, minthogy ezek inkább tartoznak valami általános őstípushoz s ilyenféle maradványok jelenleg az aethiopiai régióban nem ismeretesek, fel kell tennünk, hogy ez állatcsoport északi eredetű.

A sertések között a most kizárólagosan aethiopiai varacskos disznó (*Phacochoerus*) India bizonyos fossil sertésének néhány rokonsági bélyegét viseli s a bütykös disznók (*Potachoerus*; jellegzetesen aethiopiai és malegassai csoport) majdnem kétségtelenül rokonságban van-

nak az európai és ázsiai pliocén kor kihalt sertéseivel.

Aethiopiai Afrikára legjellemzőbbek a különböző zebra- és kvaggafajok, valamint a tipikus vad szamarak. Ezek őstörténetéről azonban, fájdalom, hallgat a palaeontologia; nem mintha a Lófélék fossil maradványai hiányoznának, hanem azért, mert, az igazi ló kivételével (a melyet mellső patacsontjának nagy szélességéről könnyen meg lehet különböztetni), a lőtörzs legtöbb élő tagjának fogai és csontjai annyira hasonlítanak egymáshoz, hogy a nagyságon kívül másról majdnem, vagy teljesen lehetetlen az egyik fajt vagy legalább az egyik csoportot a másiktól fossil állapotban megkülönböztetni. Mindazonáltal egészen valószínű, hogy néhány kihalt ázsiai lófélé valóban zebra volt.

A rinoceroszok ügye jobban áll. A Szaharától délre most két faj él: a fehér vagy szélesszájú (Rh. simus), a mely már csak egy vidéken fordul elő és a sokkal inkább elterjedt fekete vagy közönséges rinocerosz (Rh. africanus). Mindkettő megegyezik, hogy két szarvuk van, a bőrükön ráncz nincs, és hogy felnőtt korukban elülső fogaik hiányzanak. A két utolsó pontban élesen elütnek a ma élő ázsiai rinoceroszoktól, melyek közül egyik faj kétszarvú, másik két faj pedig egyszarvú. Egy fossil rinocerosznak maradványai azonban, a mely az afrikai fekete fajnak közeli rokona, Görögország pliocén rétegében maradtak meg; egyes más kihalt fajok az ázsiai és európai pliocén és pleisztocén rétegekben szintén többé-kevésbé közel állanak hozzá. Másrészt pedig úgy látszik, hogy az Európából, Szibériából és Északkhínából ismeretes nagy, gyapjas szőrű kihalt rinocerosz (Rh. tichorhinus) a fehér fajjal volt igen közeli rokonságban. Egyiptom fiatal harmadkori lerakódásaiban eddig rinocerosz-

hoz hasonló állatok nyomát nem találták, holott Európa és Északamerika egykorú rétegeiben gyakoriak.

Egészen más történetök volt a már említett Hyrax-féléknek, a melyek most élő fajai valamennyien kicsinyek, mintegy tengeri nyúl nagyságúak, holott a fossil alakok között több van, mely akkora volt mint a tapir, vagy nagyobb is. E csoport kihalt tagjait Görögország, Szamosz, s Európa más vidékeinek pliocén rétegeiben találjuk, de Európa közép- és északi részeiben, valamint Ázsiában nem fordulnak elő. Másrészt vannak fossil alakjaik Egyiptom eocén rétegeiben, mai ormányosaink elődjének maradványai-  
val együtt. Azonkívül bizonyos jelek arra vallanak, hogy a Hyrax-félék és Délamerika néhány kihalt emlős állata között, a melyek Argentina felszíni rétegeiben talált óriási Toxodon-hoz többé-kevésbé közel állanak, rokonság van.

A Hyrax-félékben tehát legelőször kerül elé olyan emlőscsoport, a melynek őshazája, úgy látszik, a déli félteke volt.

Az elefánt Aethiopiai Afrikában mai nap tudvalevőleg csak *egy* fajban él, mely Ázsiában élő egyetlen rokonától nemcsak teste külső alakjában és ormánya alkatában tér el, hanem zápfogainak szerkezetében is, a melyek kevésbé specializált típusúak mint az ázsiai fajé. Az afrikai elefánt fossil maradványai Algír, Egyiptom, Spanyolország és Szicília felszíni formációiban fordulnak elő. Továbbá a törpe-elefántok, a melyek maradványait tömegesen találták Malta, Cziprus és Szicília szigete barlangjaiban és hasadékaiban, valószínűleg szintén közeli rokonai voltak az afrikai fajnak. Európa pleisztocénkori néhány elefántja, úgy látszik, az Ormányosok ázsiai és afrikai típusa között átmenetet jelez, átmenetet, a mely tökéletessé válik, a mint Északindia pliocénkori szivalikformációját számba vesszük. Itt, valamint Jáva,

Khína és Közép-Ázsia megfelelő rétegeiben találjuk továbbá a Stegodonokat, a melyek zápfogaik szerkezetével átmeneti alakok a mai elefántok és elődjek, a Mastodonok között. Minthogy ezek más területen hiányzanak, a következtetés csakis az lehet, hogy a mai elefántok fejlődése Keletáziában történt.

A Mastodonoknak másrészt széles elterjedésök volt Ázsiában, Európában, Dél- és Északamerikában, és egy legkevésbé specializálódott képviselőjük Egyiptom plioczén rétegében van jelen. Ettől a Mastodon angustidens-től, melynek mind a felső, mind az alsó állkapcsában volt egy-egy pár agyara, miként a legújabb leletek tanúsítják, Egyiptom eoczén rétegéből való törpe mastodonon (Palaeomastodon) át tökéletes fokozatos sorozat vezet ugyanezen formáció Moeritheriumához. A Moeritherium az Ormányosak nagyon általános típusának volt képviselője; teljes metszőfogsora s apró zápfogai voltak, a melyek mind egy időben kerültek használatba. Ellenben a fogak alakja és alkata, valamint a második metszőfogpárnak mindegyik állkapocsban való megnagyobbodása már a mai elefánt fogazatának fejlődési irányát jelzi. E fogak növekedése a sorozat minden következő tagjánál mind határozottabb és abban éri el tetőfokát (a Mastodonoknál), hogy valamennyi metszőfoguk elcsenevész a két nagy agyarpár kivételével, a melyek közül végre az alsó a mai elefántoknál elenyészett, a felső pedig nagyon megnőtt. Valószínű, hogy a Mastodonok eredete, őshazája Északkelet-afrika volt.

Nem csekélyebb fontosságú egy csodálatos patás állat Fayum eoczén rétegéből, melyet fölfedezője Arsinoë istennőről, *Arsinoëtherium*-nak nevezett. Ez állat, melynek feje 78 cm hosszú, az orrán egy pár óriási szarvat viselt, a tövén hátul két kisebb hegygyel. Hogy e súlyos

nagy szarvakat viselhesse, az orr tájéka egy csonthíd közbenjárásával a felső állkapocs előrésszére támaszkodott. Fogai egyforma, hézagatlan sorban vannak s szemfogai nem nagyobbak a többinél. Ez az alakulás specializálódás, a melyet talán úgy magyarázhatunk, hogy a szarvakkal való erős fölfegyverkezés fölöslegessé tette az agyarakat. Csontváza még behatóbb tanulmányozásra szorul, de egészen valószínű, hogy ez nem a Proboscideák távoli, s az eoczénbeli primitív patások, az Amblypodák közeli rokonának fog bizonyulni, melyeknek *Coryphodon* nevű tipikus neme Európa és Északamerika alsó eoczén rétegében közönséges, a specializáltabb *Dinoceras*-ok pedig Európa felső eoczén rétegeire szorítóknak.

A Patás és Ormányos állatok ezen tárgyalásához Lydekker még egy észrevételt csatol a sajátságos földi malacsról (*Orycteropus*), melyet az utazók és vadászok gyakran hangyászmedvének mondanak s a melynek a délamerikai Foghíjasokkal (Edentata) sejtett rokonsága kétséges. Fossil állapotban Szamosz szigete és Perzsia plioczén rétegében fordul elő; őstípusai Franciaország középharmadkori rétegében találtattak. Figyelemre méltóbb, hogy egy kihalt nemi típusuk Madagaskár felszíni rétegeiben fordul elő. E szigetnek eltérő faunája arra vall, hogy a szárazföldtől már régen szakadt el; a földi malacz e szerint Afrikának már igen régi lakója.

Az eddig közölt tények elégségesek, hogy következtetést vonjunk Afrika emlősállat-világának őstörténetére.

Huxley mondta ki legelőször (1868), hogy a plioczén korban északi alakok vándoroltak be Afrikába. A bevándorlás, vagy szétsugárzás ez elméletét A. R. Wallace fejlesztette tovább, azután Blanford (1890) vallotta magát hívének. Ez az elmélet fölteszi, hogy a har-



madkor egész utolsó szakában a Szahara áthághatatlan akadály volt a legtöbb szárazföldi emlősnek Aethiopia és Észak-afrika között való kicserélődésében, a mikor a földrész még Európával összefüggött. Madagaszkár mai emlősállatvilágának ősei, mint a Lemurok, a rovarévők, a zibetmacskához hasonló teremtmények, a *Cryptoprocta* és a földi malaczkok a harmadkornak aránylag fiatal, de ismeretlen szakában vándoroltak ekkor be a földrésznek valószínűleg keleti határa mentén Aethiopiába s az akkor Afrikával még összeköttetésben álló Madagaszkárba. Később ez a sziget, a mely azelőtt a Seychellák és Comorák révén Indiával is összefüggethetett, elvált s így nem fogadhatta az utána következő plioczénkorbeli bevándorlókat egy sertés s két víziló kivételével, a melyek úszva elérhették.

A jobban specializálódott nagyobb emlősállati típusok valamennyien, vagy legalább a legtöbbjük, mint a majmok, a zsiráfok, az okapik, az antilopék, a bütykös disznók, a varacskos disznók, a vízilovak, a zebrák, szamarak, rinoceroszok, elefántok és Hyraxok (egyszersmind a struczok is) az északi alakoknak második, plioczénkorbeli bevándorlása idején találtak először utat a nagy földrész középső és déli területeire. S minthogy a vidéken más nagy állatokat nem találtak és a természeti viszonyok követelményeiknek tökéletesen megfeleltek, a jövevények új hazájokban gyorsan és rendkívül elszaporodtak. A nagy emlősök sok típusa fejlődött itt, északon pedig számos olyan alak kihalt, a melyek ma Aethiopiában megvannak. Több ilyen kihalt nem előfordul, mint említettük, Görögország plioczén rétegében, mások pedig, úgy látszik, Szamosz szigete, Perzsia, India, Khina stb. területére szorítottak volt abban az időben: föltehetjük tehát, hogy vándorlásuk délfelé Szírián, vagy Arábián át történt.

A délfelé vándorlás ez elmélete a zoológusok részéről egészen 1900-ig meglehetősen általános elismerésben részesült. Ekkor azonban H. F. Osborn azt az elméletet állította fel, hogy Aethiopiai Afrika emlősállatvilágát nemhogy Európából és Ázsiából kapta volna, hanem maga volta keletkezésnek egyik központja, s hogy az aethiopiai éghajlat kiterjedését az aethiopiai állatvilág északra való vándorlása követte.

Habár a Proboscideákra és Hyracoidéákra vonatkozó egyiptomi újabb leletek Osborn-nak ezen állatok afrikai eredetére vonatkozó föltevését támogatják, a fent közölt adatok mégis valószínűvé teszik, hogy Fayum ősalakjai olyan rendkívül primitív amblypod patás állatoktól származnak, a melyek igen korai időben északról vándoroltak be\* Afrika északkeleti részébe. S minekutána a Mastodonok itt kifejlődtek, újabb vándorlásnak kellett történnie Ázsiába, s itt elébb a Stegodonták s utánuk a valódi elefántok keletkeztek. Úgy kell tehát lenni, hogy az afrikai elefánt egy későbbi korban ismét északkeletről vándorolt Aethiopiába.

Figyelembe veendő továbbá az is, hogy az a hézag, a mely az északi féltekén a Proboscideák és Hyracoidéák korábbi stádiumait illetőleg mutatkozik, a többi Patásokra vonatkozólag nincs meg. A kérődzőknek disznóhoz hasonló alakokból, és a lovaknak apró, tapirhoz hasonló teremtményekből való fejlődését meglehetősen teljességgel birjuk követni. Minthogy pedig Afrikában ilyen fejlődésnek nyoma sincs, igen-igen valószínű,

\* Lydekker azt tartja, hogy azon sajtós patásállatok, melyek Patagonia középső-harmadkorára jellemzők, s némelyikök a Hyracoidák rokonának látszik, amerikai lakóhelyöket a rágcsálók azon csoportjával együtt, melyek Afrikában és Délamerikában közösek, az Atlanti-tengeren át vezető szárazföldi hídon érték el.

hogyan a tevék, a valódi kérődzők és a lovak az északi, s nem a déli féltekén fejlődtek s ennél fogva északról vándoroltak Afrikába.

Vizsgálva mindenekelőtt, a mit ezen és más csoportok mai aethiopiai neveinek őstörténetéből tudunk, azt találjuk, hogy a struczok, vízilovak, rinocerosok, s valószínűleg a zebbrák, zsiráfok, okapik, kudu-, ló-, Oryx-, Addax-antilopék és más állatok legrégebb formái, a melyekről tudomásunk van, Európa déli részéből és Ázsiából valók. A míg tehát e csoportok régebb alakjainak maradványait meg nem találjuk Afrikában, (sőt ennek megtörténte sem engedne ellenkező következtetést) minden körülmény Huxley hipotézisét támogatja, hogy t. i. ez állatok mai aethiopiai képviselőinek közvetlen ősei északról és keletről vándoroltak be, sokkal későbbi időben, mint a Proboscideák és Hyracoidéák elődei. Ezt a nézetet az a valóság is támogatja, hogy Madagaszkar szigetén majdnem valamennyi előbb említett típus hiányzik. A mai aethiopiai állatvilág autochthon eredetének védői tartoznának kimutatni, miképen egyeztethető össze nézetekkel, hogy ez állatvilág elődei nem jutottak e szigetre, a mikor még Afrikával összefüggött.

De a mai aethiopiai patás állatok ázsiai eredete mellett szól még más bizonyíték is. A mint láttuk, a kudu, elen-antilope és a nilgai antilopének közeli rokona, s mindkét csoport kihalt fajainak marad-

ványai ismeretesek India és Khína harmadkori rétegeiből, a mely részek a nilgai antilope maradványainak eddig egyedüli lelethelyei. Ha már most elfogadnók azt a hipotézist, hogy az antilopék nagy kifejlődésének és kisugárzásának központja Afrika volt, szükségképen fel kellene tennünk azt is, hogy a pliocén korban mindezek az állatok s még sok más állat új jövevény volt Ázsiában, valamint hogy megérkezésük után ugyanott nemsokára mind kiveszték a nilgai kivételével, a melynek, bár látszólag primitív típus, ezen a kontinensen újra kellett fejlődnie. Mindez azonban, miként alig is szükséges külön hangoztatni, teljes ellentétben van mindazzal, a mit olyan állatcsoportok történetéről tudunk, a melyek valami új földre jutnak, mert ezek ott, ha a feltételek kedvezőek, új fejlődésnek, régi hazájokban pedig egyidejűleg kihalásnak indulnak.

Ha azonban másrészt elfogadjuk, hogy az említett kérődzők (a nilgai kivételével, a mely, úgy látszik, elődjeinek hazájában visszamaradt) s más állatok a pliocén korban Ázsiából vándoroltak Aethiopiai Afrikába, azt találjuk, hogy új hazájokban, a mint várható is volt, bámulatos módon fejlődtek tovább, eredeti lakóterületeiken pedig kihaltak, a mennyiben az a terület egy s más oknál fogva létükre kedvezőtlené vált.

(Naturwissenschaftliche Rundschau 1905. 6. szám, 70—74. l.)

H. GABNAY FERENCZ.

## TERMÉSZETTUDOMÁNYI MOZGALMAK.

A *Taraxacum parthenogeneticus* növény. M u r b e c k Sv. az általánosan ismert pongyola pitypangot vagy gyermeklánczfüvet (*Taraxacum vulgare* [L a m.] R a u n k.), nemkülönbön rokon fajtát (*T. speciosum* R a u n k.) virágjainak felnyílása előtt megfosztotta porzóitól és a további fejlődés folyamán megvizsgálta magházának csiratömlőjét. E közben kiderült, hogy a csiratömlők belsejében a petesejtek megnövekedtek és csiraképzés céljából sejtosztódás következett be rajtuk. M u r b e c k bántatlan virágokat is megvizsgált ugyane szempontból és megállapította, hogy virágportömlő sem a bibében, sem pedig a bibeszálban nem volt. Sőt bizonyos esetekben úgy találta, hogy a csiraképződés már a ki nem nyílt virágokban veszi kezdetét. Mindezekből következeti M u r b e c k, hogy az említett két *Taraxacum* faj valószínűleg állandóan parthenogeneticé, azaz szűzen, termékenyülés nélkül hozza létre magvait. Érdekes, hogy ugyanez a kutató 3 *Hieracium* fajon (*H. grandidens* Dahlst., *H. serratifrons* Almqu., *H. colophyllum* Näg. et Pet.) ugyanezt állapíthatta meg. Valószínűleg ezek is mindenkor parthenogenetikusak.

TÉTÉNYI.

A gyomor két részének függetlensége. A felsőbbrendű gerincesek, s különösen az ember és a kutya gyomrát ez előtt olyan szervnek tartották, melynek saját, s teljesen egyöntetű működése van.

Idővel azonban arra a meggyőződésre jutottak, hogy ez nincsen így. A gyomor ugyanis nem egy szerv, hanem legalább is kettő, ha nem több, úgy, hogy most már a kérődzők és a madarak többé nem állanak egyedül az összetett gyomor dolgában. A gyomor e belső differenciálódását akkor vették észre, mikor a sebészeti technika haladásával sikerült a gyomor részeinek izolálása a kutya életben tartása mellett H e i d e n h a i n, P a v l o v s mások kísérleteiben. Most már nagyon jól tudjuk, hogy a gyomor első része a csukó (cardia) felőli rész, a mely a nyállal áthatott táplálékot közvetlenül kapja s tovább oldja, mind a mozgását, mind elválasztását illetőleg egészen eltér a tulsó résztől, a nyitó (pylorus) felőli résztől. De, hogy milyen arányban egészíti ki egymást a gyomor ezen két régiójának működése az emésztés folyamatában, az még nincsen teljesen tisztázva, valamint hogy e kettő határai is rendkívül inga-tagok s nem tudni, vajjon nincsen-e még egy közbeiktatott s a kettőtől független harmadik régiója is.

S c h e m i a k i n e a vizsgálatok egész sorozatát végezte, hogy a gyomor nyitó részének élettani működését megállapítsa, elkülönítvén e régiót különböző módon három kísérleti kutyán; egy negyedik kutyán a táplálékunk útját a csukó régiójától a nyitó régiójáig tanulmányozta, mindkét részbe kutatócsöveket helyezvén.

A kísérleti állatok száma ugyan csekély volt, mert hiszen komoly ok nélkül senki sem szaporítja az ilyen kényes műtétet, mindazonáltal a kapott eredmény minden részletében bizonyító erejű.

Először is az derült ki, hogy a nyitó nedve nem savas mint a csukóé, hanem ellenkezőleg, alkálikus, még pedig állandóan, minden ingadozás nélkül az. Látni való tehát, hogy e régió váladéka teljesen individualizálódik s ellenkezik a gyomorsavról eddig táplált nézetekkel, a melyek csakis a csukó régiójára nézve maradnak érvényben. Ezt más szerzők is megállapították lakmusz-papírossal, csak hogy Sch emiakine meg is elemezte ezt az alkálitást. A nyitó nedvét szintelen, szörpszerű folyadék alkotja, mely gomolyokban és pelyhekben nyálkát tartalmaz. A váladék a nélkül, hogy bőséges volna, mégis folytonos, még pedig óránként valamivel több egy köbcentiméternél, ha az ember ügyel arra, hogy mechanikai izgatással ne fokozza ez elválasztást. Sch emiakine kezdetben nem igen törődött e hatással s ekkor a kiválás több mint kétszeres, azaz óránként 2 köbcentiméternél is több volt. Ez a mechanikai ingerlékenység is eltérő egy jellemvonás, mert a csukónál hiányzik. De a nyitó régiója még más anyagokkal is ingerelhető: a csukó nedve, vagy az egyszerű sósav, a tápláló anyagok, a kettős szénsavas nátron félszázalékos oldata észrevehetően fokozza az elválasztást. Kiegyenlítésül azonban van a kiválasztó tevékenységnek csökkentése is, mikor a táplálék a gyomrot elhagyva, a tizenkétujjnyi bélbe jut; a belektől ekkor csökkentő hatás érvényesül úgy, hogy csakis a pyloruson áthaladás vége felé válik a kiválasztás ismét normálissá.

A rendes táplálkozásban tehát két fázis jelzi e régió kiválasztó működését; az első a helyi hatástól eredő fokozott kiválasztás fázisa, melyet a tápláló anyagok és a

csukó nedvének savtartalma a nyálkahártyákon közvetlen izgatással okoz, a második fázist ellenben az a visszahatás jellemzi, a mely reflex úton a tizenkétujjnyi béltől indul meg, mihelyt a savanyú gyomorpép a pyloruson át belejut. Azt mondjuk »a savanyú gyomorpép«. Igen, mert a nyitó nedve csekély mennyiségű és gyengén alkálikus, tehát mesze van attól, hogy semlegesítesse tekintélyes savanyúságát annak a nedvnek, a melyet gyomorsavnak vagy gyomornedvnek nevezünk s mely legnagyobb mennyiségben a csukó régiójából származik. S szükséges is, hogy a sósavval impregnált gyomorpép savas maradjon, mert paradoxnak tűnhet fel, de valóban úgy van, hogy a nyitó nedve, bármennyire alkálikus legyen is, olyan fermentumot foglal magában, mely a fehérjét csak savas közegben emésztí. De az optimum, mely e fermentum maximális hatásának felel meg, az aránylag gyengített savtartalommal megegyezik, a mi a nyitó nedvétől eredő részleges neutralizálás eredménye. Így a savtartalom egy tized százaléknyira süllyed, vagyis a gyomorpép a csukótól eredő nedvénel ötszörte gyengébbé válik, mire a fehérjéje emésztés alá kerül.

A fermentum emésztő ereje nem fokozódik, sőt egy kissé lejjebb is száll, ha a nyitó nedvét vagy a csukóéval, vagy a hasnyálmirigyével vagy pedig a belekével keverjük, de kárpótlásul az epe a nyitó nedvének minden hatását a fehérjére ismét gyökeresen felszabadítja.

Ilyenformán e nedvnek a fehérjére sajátságosan ható fermentuma volna, mely hatástalan a zsiradéokra, de tejjel épen olyan pelyhes csapadékot ad, mint a csukó nedvének oltója.

Végeredményben az »antrum pyloricum« a gyomor azon kis régiója, a mely a nyitóval határos, igen mozgékony s a tápláléknak a tizenkétujjnyi bélbe való vezetésére szolgál, azonban fiziológiai

funkcióival annyira individualizálódott, hogy az emésztő csatorna független részének, a gyomorpépnek tartalmát mérsekli, miáltal a tizenkétujjnyi bélhez a sav iránt nagyobb érzékenységet megtartja és saját fermentáló hatása van a fehérjére.

Schemiakine azt állítja, hogy ez a függetlenség a gyomor egész szervezete terjed s ebben a tápláléknak a gyomor egyik részéből a másikba való átmenetelére vonatkozó kísérleteire támaszkodik. A csukóban levő táplálék részletekben, és elég hosszú, néha percekig tartó időközökben kerül a nyitó régiójába, a hol aránylag rövid ideig marad; a szilárd részek ellenben a nyitóban elég sokáig maradnak ott, mielőtt a tizenkétujjnyi bélbe kerülnének, a csukó és a nyitó között is fennakadnak, mielőtt ez utóbiba kerülnek. Mindez egy nyitóelőtti záró izomnak (sphincter praepyloricus) létezését tételezi fel, mely a gyomor régióit anatómiailag ketté osztja, egy szabályozó záróizomnak, mely ritmus szerint húzódik össze s az összehúzódás maximumában a két régió közötti utat teljesen el tudja zárni, úgy, hogy egy csepp folyadékot sem enged át.

Ezekből következtethetjük tehát, hogy ilyenformán tulajdonképpen két gyomrunk van.

(Revue Scientifique 1905. I. 25. lap.)

H. GABNAY FERENCZ.

A sejtek kétmagvúsága. R. Goldschmidt a bélgiliszta (*Ascaris*) sejtjeinek beható vizsgálata alapján kimutatta,\* hogy az *Ascaris* testében az erősen működő sejtfélékben a sejtmag közelében chromatinyszerűleg festődő anyagok vannak, a melyek szalaggá, százlakká tudnak ren-

\* Der Chromidialapparat lebhaft funktionirender Gewebszellen. Zool. Jahrbücher. Abth. für Anatomie und Ontogenie. 1904. 21. köt., 1. f.

deződni, és a sejtmaggal szorosabb kapcsolatban állanak. Goldschmidt ez anyagokat a sejtek »chromidiális készüléke« gyűjtőnévvel jelöli. Kísérletileg ki tudta mutatni, hogy ez anyagok működésük erősségének változásával alakjukat változtatják; Weiland szerint az alkohole férgeket igen erős mozgásra ingerli, a mikor is az izmok erős munkát fejtenek ki és minden ilyen esetben meg lehetett figyelni a chromidiális készüléknek erős kifejlődését. Goldschmidt általánosítja az eredményeket és a protozoákon végzett legújabb megfigyeléseire támaszkodva, felteszi, hogy mivolta szerint tulajdonképpen minden állati sejt kétmagvú, mert kétféle maganyag fordul bennök elő: olyan, a mely egész élete alatt a legfontosabb somatikus életműködések végzi és olyan, mely a közönséges anyagcserében nem vesz részt, afféle alvó életet él és az átöröklődő anyagokat képviseli, melyeknek megvan a sajátosságuk, egy új, anyagcserére termelt magnak létrehozására. E szerint minden sejtnak van egy somatikus és egy propagatorikus magva.

A sejtek ilyenén kétmagvúságát talán az úgynevezett kettős spermatozoákkal is kapcsolatba lehetne helyezni, a melyeket az újabb időben különösen a rovarokon és Molluscákon figyeltek meg. A növényeknek úgynevezett kettős megtermékenyítésére támaszkodva, Nawaschin felteszik ugyanis, hogy csak az egyik, a rendes chromosoma számú spermatozoon termékenyíti meg a tulajdonképeni propagatorikus magot, a másik, vagy a többi szintén a petébe hatoló spermatozoonok pedig a somatikus, a székben gazdag petében eloszolva levő maganyaggal egyesülnek.

Ezen utóbbi értelemben véve a dolgot, érdekes, hogy különösen a rovarok megtermékenyített petéjében számos spermatozoot (polyspermia) lehetett kimu-

tatni. Blochmann szerint a dongó légy petéjébe számos spermatozoon hatol be; ugyanezt állítja Henking a fehér káposztalepkéről (*Pieris brassicae*), Meissner és Leuckart szintén utal a rovarok polyspermiájára. Henking szerint a légypetében lévő többi spermatozoon eltűnik, vagy, mint ő mondja: »feloldódik« s csak chromatinszerű felhőcskék maradnak hátra. Ballowitz szerint a *Colymbetes*-nek és sok más úszóbogárnak kettős spermatozoonjában valószínűs berendezése van a polyspermiára.\* Ily szempontból igen érdekes volna a *Platygaster*, a *Pteromalidák* és más élősdű Hymenoptera megtermékenyülésének vizsgálata, a melyekben a székben szegény petesejteket úgynevezet tápláló vagy borító magvak (paranucleus) kísérik, melyek bizonyára a táplálásra valók és igen nagyok. Ezeket a *Platygasteren* Kulagin, a *Pteromalidákon* Proszek és sok más élősdű Hymenopterán Marchal irta le.

A sejteknek említett kétmagvúsága más szempontból is érdekes. Talán az egyik vagy a másik magrész eddig ismeretlen fiziológiai úton degenerálódik, pl. a somatikus, és a protoplazmába kerül (Pliimer- és Leyden-testecskek), maga a mag pedig embrionális jellemet ölt és rosszindulatú új képletek képződésére ad okot, épen úgy, mint a hogyan némely infusorium ivari magja (micronucleus), a somatikus chromatint magába záró nagy mag degenerálódása után, nem egyszer osztódik (Hertwig, Kazanczev). (Naturwissenschaftliche Wochenschrift. 1905. 17. sz.) Ifj. Cs. L.

**A rádium élettartama.** Nagyon fontos ismernünk azon  $\alpha$  részecskék számát, melyeket 1 gramm rádium másodpercenként magából kilövel, minthogy ez érték

\* Arbeiten d. zoolog. Institute, Wien, XIII. k. 1902., 33. l.

segítségével más, a radioaktivásban fontos fizikai állandókat közvetlenül megállapíthatunk. E. Rutherford szerint a rádium élettartamának számítása a következőleg történik:

Egy gramm rádium legkisebb hatásosságakor másodpercenként  $6.2 \times 10^{10}$   $\alpha$  részecskét lövelt ki. Valószínű, hogy a rádiumatóm szétesésekor csak egy  $\alpha$  részecske üzetik ki, úgy hogy másodpercenként és grammonként  $6.2 \times 10^{10}$  rádiumatóm esik szét; e szám az év folyamán  $1.95 \times 10^{16}$ . Kísérletileg ki van mutatva, hogy 1 cm<sup>3</sup> hidrogén normális nyomáson és normális hőmérsékleten  $3.6 \times 10^{19}$  molekulát foglal magában. Ha a rádium atómsúlyát 225-nek vesszük, következik, hogy 1 g rádium  $3.6 \times 10^{21}$  rádium-atómot zár magában.

Igy a rádium-atómnak az a része ( $\lambda$ ), a mely évenként szétesik,

$$\lambda = \frac{1.95 \times 10^{16}}{3.5 \times 10^{21}} = 5.4 \times 10^{-4},$$

ekként egy gramm rádiumban körülbelül egy fél milligramm esik szét. Nagyon valószínű, hogy a széteső rádiumatómok száma minden más radioaktív termékben mindig arányos a meglevők számával. Ha tehát  $t$  idő múlva  $n$  a jelenlevő,  $n_0$  pedig az eredeti atómok száma, úgy  $\frac{n}{n_0} = e^{-\lambda t}$ .

Ebben a kifejezésben  $\lambda$  értéke  $5.4 \times 10^{-4}$  (év), úgy hogy az az idő, a mely kell, hogy a rádium a felére átalakuljon, 1280 év; ily módon a rádium átlagos élettartama 1850 év.

Hasonló számítással kitűnik, hogy 1 gramm rádiumemanáció térfogata a radioaktív egyensúlyban 0.83 mm<sup>3</sup>, a rádium  $\alpha$  részecskéinek hőhatása grammonként és óránként 126 grammkalória, az egy  $\alpha$  részecske adta ionok száma 86000 és az erre megkívántató energia  $2.3 \times 10^{-6}$  erg, vagy egy ion előállítására átlagban  $2.7 \times 10^{-11}$  erg energia kell. (Philosophical Magazine nyomán.) —

**Az atom abszolút súlya.** Az atom nagyságáról, súlyáról több elméleti vizsgálat és kísérleti becslés áll rendelkezésünkre. Újabban W. Spring a fluoreszkáló anyag oszthatóságán alapuló kísérletezésével az atom súlyának felső határát a következőleg állapította meg:  $230 \text{ cm}^3$  optikailag tiszta vízben  $0.0023$  gramm fluoresceint oldott fel, úgy hogy minden  $\text{cm}^3$ -re  $0.00001$  gramm fluorescein jutott; ez oldat a napfényen szépen fluoreszkált. Erre az oldatot optikailag tiszta vízzel  $\text{cm}^3$ -ként  $0.0000001$  g-ra hígította s a fluoreszcencia a napfényen a szem számára már eltűnt; azonban koncentrált elektromos fénnyel megvilágítva, ismét élénk fluoreszkálás jelentkezett és a hígítást tovább lehetett folytatni, úgy hogy a 10. és a 11-ik hígítás közt a fluoreszkálást megint nem lehetett látni. A 10. hígítás után az oldat köbcentiméterjében  $0.000000000000001$  g fluorescein volt; ekkor fluoreszkálást csak úgy lehet észrevenni, ha az oldatot oldalról erősen megvilágítjuk. A további hígítás nem adott biztos eredményt, azért Spring a 10. hígítást fogadta el határul. A 10-ik hígítás után az oldatban levő  $1 \text{ mm}$  élű kockában még legalább  $1$  molekula fluoresceinnek kellett lennie; ebben az  $1 \text{ mm}^3$  oldatban pedig  $0.000000000000000001$  grammot tesz a fluorescein. Minthogy a fluorescein molekulája  $408$  szor nehezebb a hidrogén molekulájánál, ily módon a hidrogénmolekula súlyául  $0.0000000000000000000001$  grammot, vagy  $2.5 \times 10^{-21}$  grammot kapunk. Ez az érték a leírt módon való számítással kapott felső határ s mint ilyen a valóságtól még messze eshetik; annyi azonban mégis igaz, hogy a hidrogénatomnak kísérletileg megállapított illetően súlya már nincs túlságosan messze a kinetikai gázelméletből megállapított  $3.45 \times 10^{-25}$  értéktől. (Bulletin de l'acad. roy. de Belgique. 1905.)

—.

**Az emésztés élettanához.** Általánosan ismert és közmondásos tünemény, hogy ha étvágygerjesztő ételeket látunk, vagy ha rájuk gondolunk, »folyik a nyálunk«. Pavlov szentpétervári fiziologus kísérletekkel mutatta ki, hogy ez a jelenség az emésztés élettanában igen fontos tüneményeknek egyik része csupán.

Eddig a gyomor- és bélnedvek kiválasztását és hatásának vizsgálatát úgy végezték, hogy a gyomorból a belejuttatott különféle ételeket kiszivattyúzták s megvizsgálták az ételeken való változásokat, vagy pedig úgynevezett gyomor- vagy bélfisztulákon, a melyek véletlenségből támadtak, vagy szándékosan készültek és a has falán át szabadon nyíltak, szedték ki a gyomor és a bél tartalmát. Pavlov az emésztés fiziológiájának illetően kérdésére újabb és igen bonyolódott műtéttel derített világot. Nagy kutyákon végezte vizsgálatait, úgy, hogy egyidejűleg a gyomrukön és nyelőcsővükön nyílást vágott és a kutyákat különböző anyagokkal táplálta. Természetes, hogy ilyen berendezéssel az étel nem jutott a gyomorba, hanem a nyíláson át ismét az etető tábla, a honnan a kutya ismét megette, ismét lenyelte s a játék tovább ismétlődött. Ekkor kitűnt, hogy a gyomor a nélkül, hogy valami belejutott volna, néhány percz múlva mégis bőséges gyomornedvet kezdett kiválasztani. Ha pedig a gyomorfisztulán át a gyomor nyálkahártyáját chemiailag hatástalan tárggyal, pl. üvegbottal, izgatjuk, legföljebb jelentéktelen nyálka válik ki. A gyomornedv kiválasztása az ízlelő és szagló érzék izgatásával és a rágó megnyelő mozgásokkal indul meg; sőt a tápláléknak pusztá látása, tehát a tisztán pszichikai folyamat is előidézi a kiválasztást.

Ismeretes, hogy a tápláló anyagoknak a gyomorba jutása szintén kiválasztásra indítja a nyálkahártyát. Hogy

P a v l o v ez utóbbi kiválasztást az étvágy gerjesztette előbbtől elválasztva vizsgálhassa, két különböző utat követett, melyek ugyanazt az eredményt adták. Az agyvelő és az emésztő csatorna között az idegösszeköttetést a nervus vagus alkotja. Ha ezt átvágta, a mint előre látható volt, s a kísérletek igazolták is, megszűnt a gyomornedvnek »étvágy okozta« kiválasztása s így táplálkozásakor csakis az ételeknek a gyomor nyálkahártyájára ható reflektorikus ingere választott ki nedvet. A másik mód abban állott, hogy P a v l o v a fisztulán át észrevétlenül és egyenesen a kutya gyomrába juttatta az eledelt s így a pszichikai inger szintén elmaradt.

Hogy a gyomornedvnek esetleg különböző összetételét a különböző élelmiszereknek megfelelőleg vizsgálhassa, P a v l o v úgy szólván egy második gyomrot készített oly módon, hogy a gyomorfal egy részéből a gyomor többi részétől teljesen elválasztott, vele csak idegekkel kapcsolatban álló vak zsákot készített. Etetéskor mind a táplálékot tartalmazó, mind pedig az elzárt részben egyaránt megindult az emésztőnedv kiválasztása. A vak zsákból a fisztulán át kivett nedv a táplálék kémiai alkata szerint más és más összetételű volt, a szerint, a mint a táplálás például hússal, kenyérral, vagy tejjel történt.

Hogy mennyire fontos az étvágy okozta nedv kiválasztása, kitűnik abból, hogy a tápláléknak a gyomorba való észrevétlen betevése, vagy a nervus vagus átvágása után nem mindenanyag hat nedvkiválasztóan a gyomor nyálkahártyájára; nagy mennyiségű víz, húslé, húskivonat és más hasonló nedv kiválasztásra indítja ugyan a gyomrot, de pl. a keményítő, zsír, tojásfehérje nem. Ezek az anyagok emésztetlenül maradnak a gyomorban, ha csak már előbb valamely más állat nem kezdte emészteni, vagy hogy a nedvkiválasztás a látzatos táplálástól, vagy más módon meg

nem indult. A gyomor nyálkahártyájára nemcsak felülről, hanem alulról is lehet hatni oly módon, ha pl. fisztulán át zsírt juttatunk a duodenumba. Ez nemcsak akkor nem indítja meg a nedvkiválasztást, mikor a gyomorba jut, hanem a duodenumból is akadályozólag hat a gyomor mechanikai és kémiai tevékenységére.

P a v l o v a gyomor működésének módja szerint megvizsgálta a hasnyálmirigy és az epekészülék működését is. Itt is az volt az eredmény, hogy a kiválasztott nedv összetétele a lenyelt táplálék minőségéhez alkalmazkodik. Továbbá kitűnt, hogy a hasnyálmirigy váladéka csak akkor ömlik a duodenumba, mikor a gyomortól kiválasztott és onnan kijutó sósav a bél falait benedvesítette. Epekiválasztás is csak akkor történik, ha bizonyos anyagok kerülnek a duodenumba, nevezetesen zsírok, húskivonati anyagok és fehérjék emésztett termékei, a többi anyagok ellenben az epe kiválására nincsenek hatással; épen oly kevésbé lehetséges epekiválasztás pszichikai úton. (Naturwissenschaftliche Wochenschrift 1905., 18. sz.)  
ifj. Cs. L.

**Kávémag koffein nélkül.** A különböző kávéfajok magvának egy-egy kilogrammjában átlag 10—15 gramm koffein van. Négy évvel ezelőtt G. B e r t r a n d azonban kimutatta, hogy Nagy-Comoro szigetéről való *Coffea Humblotiana* Baillon magvában a nevezett alkaloidnak nyoma sincs. Ez a kivétel annyival inkább figyelemre méltónak látszott, minthogy a *Coffea Humblotiana* morfológiailag annyira hasonlít a *Coffea arabica*-hoz, hogy F r o e h n e r 1898-ban csakis az utóbbi növény fajváltozatának tekintette. Hogy a comorói kávéban nem talajbeli vagy éghajlati okokból hiányzik a koffein, kitűnik az ugyanazon szigeti *Coffea arabica* magvainak elemzéséből, a mely szerint 1 kg szemre átlag 13·4 g koffein volt jelen.

Bertrand tovább kutatott olyan kávé után, a melyből a koffein hiányzik; tapasztalta, hogy a koffeintartalom ritkán ütött el a 10—15 g-tól, csupán egy kávéfajta, a *Coffea Mauritiana* vált ki 0.7 g koffeintartalmával. Újabban Madagaszkár szigetéről származó három új kávéfa-változatot vizsgált meg Bertrand, a melyeket Dubard *Coffea Gallienii*, *C. Bonnierii* és *C. Mogeneti* néven jelölt s úgy találta, hogy termésökből a koffein teljesen hiányzik. E madagaszkári kávéfajok ily módon egyeznek a comoroiakkal, jóllehet botanikai tekintetben egymástól különböznek.

Bertrand vizsgálataiból következteti, hogy a koffein hiánya némely kávéfajban nem véletlen jelenség, hanem rendes fiziologiai bélyeg, a mely a különleges vizsgálatban számbaveendő. Érdekes, hogy a koffeint nem tartalmazó kávéfák, sőt a *Coffea Mauritiana* is, mind Madagaszkárról vagy a szomszéd szigetekről, tehát olyan területről valók, a melynek flórája és faunája különben is jellemző. (Comptes Rendus 1905. 141. k.)

+

A magvak ellenállása a nagy hideg iránt. A nagy hideggel eddig végzett ki-

sérletekből kitűnt, hogy a magvakat semmi kár sem éri, ha több óráig vagy több napig —40<sup>o</sup>-tól —250<sup>o</sup>-ig terjedő hidegben állanak. Becquerel P. e tárgyban új kísérleteket végzett folyékony levegővel (—185<sup>o</sup>-tól —192<sup>o</sup> C. hidegben a hatás tartama 130 óra volt); kitűnt, hogy a magvak nagy ellenállása a nagy hideg iránt egyesegyedül a magvak szövetében levő vízmennyiségűtől és gázaktól függ. Ha a mag bővelkedik vízben és gázban, a hideg szétroncsolja a sejt-magvat és protoplazmát és az élet megújulását lehetetlenné teszi; ha azonban a protoplazma jól kiszárad és ezzel tevékenysége csökken, baj nélkül állja ki a nagy hideget és a mag megtartja csirázó erejét. Becquerel úgy vélekedik, hogy ez az eredmény megczáfolja azt a feltevést, hogy a hőmérsékletcsökkenés az életjelenséget átmenetileg felfüggeszti s hogy a protoplazma életrevalóságát mindaddig megtartja, a míg fagyott állapotban van. Ezt a föltevést csak hosszú kísérletezés dönthetné el, ha például a magvak éveken át folyékony levegőben állnának és csirázó erejükből még akkor sem vesztenének. (Comptes Rendus 1905, 140. k.)

+

---

Vége a XXXVII. kötet Pótfüzeteinek.

---