

A  
TERMÉSZET EGYSÉGE

írta

D<sup>r</sup> GREGUSS PÁL



BUDAPEST  
A SZERZŐ KIADÁSA

1925





A

ORSZÁGOS ERDÉSZETI EGYESÜLET  
KÖNYVTÁRA

# TERMÉSZET EGYSÉGE

IRTA

DR. GREGUSS PÁL

*Különlenyomat az Országos Polgári Iskolai Tanáregyesületi  
Közlöny XXIX. évfolyamából.*



BUDAPEST

STEPHANEUM NYOMDA ÉS KÖNYVKIADÓ R. T.

1925.

Volt tartalmuk:  
Erdészeti tudás fűszereiből

1857  
évi

## I. Bevezetés.

A Természetben csak az tud igazán ésszel érezni, tehát valóban örülni és gyönyörködni, aki nemcsak ismeri a természeti tárgyakat és jelenségeket, de tudja és érti is azok keletkezését, egymásközötti összefüggését, vagyis röviden: meg tudja érteni a Természet életét. Az ilyen ember nemcsak *nézi* a csodálatosan szép Természetet, hanem *látja* is az abban megnyilatkozó fenséges törvényszerűségeket. És ebben a tudatos meglátásban, ebben az analízáló és szintetizáló munkában nemcsak a természetbúvár talál értelmi gyönyörűséget, hanem a ma kultúrembere is. Sokan azt mondják, hogy az ismeri jól a Természetet, aki számos ásványt, állatot és növényt azonnal felismer, aki mindjárt megmondja a nevét, vagy a rendet, amelybe besorakoztatják, észreveszi a természeti tárgyak minuciózus különbségeit, pontosan leírja a szervezetek speciális alakát stb., stb. Ez mindenestre dicsérendő és szép dolog, azonban a Természet vizsgálódásának ez mégsem lehet az egyedüli és kizárólagos célja. Szép az adat- és anyaggyűjtés, ez azonban ne *cél*, hanem csak *eszköz* legyen. A természeti tárgyak gyűjtése, valamint a jelenségek puszta leírása még korántsem igazi természettudomány. Tudomány csak akkor lesz belőlük, ha a szerzett adatok között keressük az *okági összefüggéseket*, ha a Természet jelenségei között olyan *törvényszerűségeket* állapítunk meg, melyek a Természet nagy és egyetemes törvényeivel a legteljesebb és szükségszerű összhangzásba hozhatók, vagyis, ha keressük és megérteni törekszünk a Természet egyetemes törvényszerűseit: az igazságot. Aki *így* jár a Természetben, az bepillant annak csodálatos misztikumába, annak értelme feltétlen nemesebb lesz, az vonzódni fog a Természethez, amelyben bármily nagy csapás és csalódás közepett is vigasztalást, nyugalmat, enyhülést és megkönnyebbülést talál. Ha tehát mi is igazi örömet akarunk önmagunknak szerezni a Természet vizsgálatában, ha tudatosan akarjuk élvezni a természeti szépségeket, akkor tudatosan rá kell magunkat nevelnünk a Természet megértésére és megszeretésére. Ennek pedig csak egy módja van, ha szüntelen foglalkozunk a Természettel, ha megfigyeljük annak megnyilatkozásait, ha keressük ezek között az összefüggéseket és iparkodunk a jelenségeket egyetemes törvényszerűségekre visszavezetni. Ha állandóan így, tehát elsősorban ha nyitott értelemmel járunk a szabad és csodálatosan változatos Természetben, úgy arra a szükségszerű konklúzióra kell jutnunk, hogy a Természet egységes, hogy a Természetben csupán *egypár* egyetemes és rendkívül egyszerű törvényszerűség van és hogy ezek egyaránt érvényesek a Természetben található minden jelenségre és tárgyra. *A Természet tehát minden, ami van és ezért egy.* Látni fogjuk, hogy az élet, a Természet ezen legsajátabb megnyilatkozása is az általános és egyetemes törvényszerűségek szerint folyik le, hogy ez is az anyagnak és energiának csupán egyik megnyilatkozási formája.

Ha az ember ilyen látószögből vizsgálja a rajta kívül levő tárgyakat és rajtuk, valamint az önmagán végbemenő közös változásokat és azonos törvényszerűségeket, akkor szinte *ösztönszerűleg* meg fogja találni a maga szükségszerűen kijelölt helyét a Természetben. Az ő szemében

nem lesz többé külön Ember és a nagyvilág, nem lesz külön mikro- és makrokozmos, mert *kénytelen belátni*, hogy ő, mint mikrokozmos, a makrokozmosnak csupán egyik parányi kiegészítő porszeme. Az ilyen ember — dacára a Természet csodálatos változatosságának — a Természetben egy harmónikus egészet, egy mindent magában foglaló hatalmas egységet lát és arról fog meggyőződni, hogy a Természet erői úgy az élő, mint az élettelen testrendszerekre kiméretlenül és egységesen hatnak. Ha minden megfigyelésünkben és kutatásainkban a Természet egységének világító szövéténeke fog vezetni, ha minden lépésünket ez irányítja, ha ez lesz gondolkozásunk alapja, akkor minden jelenségnek hamarabb találjuk meg az előttünk e rejtett rugóit, akkor sok olyan jelenséget fogunk egész természetesnek találni, melyek számunkra addig a titokzatosság birodalmába tartoztak, be fogunk látni azokra a rejtett kis laboratóriumokba, ahol a Természet csak atomokkal és ionokkal dolgozik, meg fogjuk érteni azt a csodálatos építőmunkát, amely a felületen szemlélő előtt teljesen érthetetlen és misztikus, tudatosan gyönyörködhetünk a szebbnél-sebber és merészebbnél-merészebb mechanikus architektúrákban, de bepillanthatunk a Természet bűvészműhelyébe is, ahol a legkáprázatosabb mutatványokat csodálhatjuk meg. Ha valaki ennyi lelki és értelmi gyönyörűséget akar a Természetben feltalálni, ha valakinek lelke szomjúhozik a Természet ilyen szépségei iránt, úgy az bőszes kárpótlást kap az esetleges fáradtságokért akkor, ha mindenüvé magával viszi a Természet egységének szent gondolatát.

\*

A tökéletes Természetnek három megnyilatkozási formája van, ú. m. az ásvány, a növény és az állat. Energetikai szempontból mindegyiknek más a jelentősége. Az *ásványország* az anyagi világ; ennek anyagából épül föl a másik kettő. A *növényvilág*, ez a káprázatos építő, önmagában potentialis (kémiai) energiát, anyagot gyűjt és raktároz föl; anyaga az ásványországból, energiája pedig a Naptól származik. Az *állatország* pedig, ez a csodálatos romboló munkás, átveszi a növényország által készített anyagot és a gyűjtött energiát; anyagából felépíti önmagát, az energiából pedig dolgozik. Ezen romboló munka eredménye: a potentialis energiának kinetikai energiává való átalakulása, az ásványország felrészülése és az építőkövek helyrerakódása. A három megnyilatkozási formának ez a tökéletes harmoniája: az élő Természet. Ez a tökéletes harmonia, ez a «divina comedia» pedig a Nap segítségével történik, amely mint bőkezű macenas energiáját sugározza ehhez a színjátáshoz.

Ezen dolgozatnak is csupán csak az lenne az egyedüli célja, hogy ezt az örökös körforgalmat, ezt az élő «perpetuum mobile»-t, a Természet egységét úgy mutassa be, ahogyan az a valóságban van, rámutasson egy-két szigorú törvényszerűsége, amelyek szerint a jelenségek történnek, bepillantást nyújtson abba a laboratóriumba, amelyben a Természet oly csodálatosan dolgozik. Mert hiszen a Természetben minden szigorú törvényszerűséggel történik. «A Természetben nincs véletlen és nincs szeszély, nincs kegy és nincs önkény, sőt még jó és rossz sincsen, csak szigorú törvényszerűség; csak az van, aminek megmásíthatatlan törvények szerint szükségképen lennie kell.»<sup>1</sup> Csupán az örökös váltakozás, a jelenségeknek folytonos átfarmálódása állandó a Természetben.

A gondolkodó, fürkésző elme immár évezredek óta keresi, kutatja ennek az örökös és mégis állandó váltakozásnak az okát. Nem elégszik meg a jelenségek tudomásul vételével, hanem azok lényegét, okát kutatja. Ezen fürkésző munkájában a jelenségek magyarázatára két úton haladhat. Az egyik a *miszticizmus*<sup>2</sup> útja, amelyet különösen az *érzelem* család simává és így könnyen járhatóvá, a másik pedig a *physicizmus*, a modern

<sup>1</sup> Méhely L.: Id. Entz Géza emlékezete. Term.-tud. Közl. 1920. 1. o.

<sup>2</sup> Leduc St.-Gradenwitz: Die synthetische Biologie. Halle, 1914. P. 1.

természettudományi felfogás, melyet az *értelem* irányít és amely tövissekkel, akadályokkal, veszedelmes mély szakadékokkal van tele, de amely úton a tudomány legszentebb nevei mutatják az igazi haladás útját.

Az első úton haladva minden esetben meg lehet találni a jelenségek végokát, míg a másik úton csupán a rideg ész csodálatosan éles borotvájával boncolnak és használnak fel minden értékes eredményt az igazság felderítésére.

A biológiában eddig, sőt még jelenleg is az első methodusé az elsőség, azonban a legújabb természettudományi eredmények kapcsán ennek az irányzatnak egy igen erős ellenzéke fejlődött ki. Ez az ellenzék a kritika jogával él és igen erős támadásokat intéz a másik felfogás bástyái ellen. Az egyszerű biológia helyét az *oknyomozó biológia* kezdi elfoglalni, melynek két alaptudománya van: a kémia és fizika. Az *oknyomozó biológia* szerint *természeti igazság, tehát törvény gyanánt csak az fogadható el, amely a fizika és kémia jelenlegi törvényeivel nincs ellentétben*. Tudásunk mai állása szerint minden természeti jelenség csakis ezen két tudomány törvényeivel értelmezhető elfogadható módon, tehát ami az anyag és energia megmaradásának elvével összhangzásba hozható. Ezek az alapvető törvények szabják meg a modern biológiai kutatás irányát és alapját.<sup>1</sup>

Igaz, hogy a legújabban fölfedezett radioaktív sugárzások az anyag mulandósága mellett tanúskodnak (atomok bomlása pozitív atommagra és negatív elektrónokra), azonban ezzel szemben ott van az a valóságos feltevés, hogy amennyi anyag az idők folyamán elpusztul, az egyensúly továbbra is fennmarad, mivel a pusztulással ellentétben ugyanennyi keletkezik. Tehát az ú. n. *megmaradási törvény* eme legújabb jelenségek mellett is változatlan érvényű és így vonatkozik minden testrendszerre, ásványra, növényre, állatra, valamint azok megnyilatkozásaira még akkor is, ha minden változatlanul maradna, tehát ha semmisen történe.

## II. Az energia körforgalma.

### 1. A fontosabb energiafajok az élő testrendszerekben. Alapfogalmak.

Ha az élőlényeket a bevezetésben érintett szempontok szerint a lényegükben vizsgáljuk, úgy azt tapasztaljuk, hogy az úgynevezett egyetemes megmaradási elv ezekre is szükségszerűen vonatkozik.

Amikor pl. az almafáról egy alma leesik, fizikai értelemben ez éppen olyan *természetes* jelenség, mintha én ugyanolyan magasságból egy darab vasat vagy követ ejtettem volna le. Ha pedig annak a *holt* anyagnak a fizika törvényei értelmében ott fenn *helyzeti* (potentialis, statikai) *energiája* volt, mely az esés alatt *mozgási* (kinetikai, aktualis) *energiává* alakult át, úgy az esési törvény egyetemesége szerint annak az almának, tehát annak az *élő* anyagnak is ott fent *helyzeti* energiájának kellett lenni, mely az esés alatt szintén *mozgási* energiává alakult át. A két jelenség között fizikailag abszolúte semmi különbség nincs. Mivel az a kóddarab tehetetlenségénél fogva nem önmagától került oda fel, hanem az én izom munkám segítségével helyeztem ott el, hasonlóképpen az a csüngő alma is az ő helyzeti energiáján okvetlenül valahonnan kapta. Ez az almában fölraktározott energia, amint később látni fogjuk, végeredményben csakis a Naptól származhatott. Úgy a leeső alma, mint a kóddarab esésük alkalmával egyformán munkát végeznek és pedig éppen annyi értékű munkát, amennyi izommunkát használtam

<sup>1</sup> Schenk-Grüher: Az ember élettana. Ford. Szántó I. Budapest, 1922. Szent-István-Társulat kiadványa. 1. o.



én el, amikor azt a követ vagy vasat a jelzett magasságban elhelyeztem. Ezen folyamatot a következő képlet fejezi ki :

$$M = \frac{m v^2}{2}$$

ahol  $M$  = munka,  $m$  = tömeg és  $v$  = sebesség. Amikor az alma és a ködarab leestek a földre, *mechanikai energiájuk* a föld színéhez viszonyítva teljesen elveszett. Ezek szerint a fán csüngő és a leeső alma fizikailag egészen más test, mint a földön heverő.

Egy másnemű példa. Amikor a villamos hal (*Gymnotus electricus*, *Malapterurus electricus*, *Torpedo fajok*) maga termelte magas feszültségű 30—335 Voltos villamos árama segítségével kisebb állatokat, sőt lovakat is leüt, illetve tehetetlenné tesz, tehát *mechanikai munkát* végez, teljesen azonos jelenség ez azzal, ha a mesterségesen előállított ugyanolyan feszültségű árammal ugyanakkora *mechanikai munkát* végzünk. (Mellesleg megjegyezhető, hogy pl. a városok villanyvilágítási feszültsége csak 110, illetve 220 Volt.) Minthogy a villamos energia a meleg mellett kémiai energiából is alakulhat, úgy a villamos halban levő villamos energia is valószínűleg ilyenből keletkezett. De erről majd később lesz szó.

Hasonlóképpen az egyetemes energia egyik megnyilatkozása az is, amikor a zöld növényzet a Nap sugárzó *fényenergiáját* a klorofill segítségével *kémiai* (potentialis) *energiává* alakítja át (miközben búzát, almát formál), amely kémiai energia az állati emésztésnél *mechanikai munkává* (járás, gondolkodás) és *meleggé* alakul át. Ily módon tehát az ételekben (búzában, almában, zsírban, tojásban stb.) felhalmozott, kémiai (potentialis) energia van. Az is a fényenergiának egyik megnyilatkozása, amikor egyes mélytengeri halak a környezetüket megvilágítják, vagy ha a baktériumok közül némelyik *világít*. Mások viszont nagy *hőt* fejlesztenek, tehát a bennük levő energiák nagy részét *hőenergiává* alakítják át, vagyis hőenergiát fejlesztenek. A hőenergia kisugárzása különben is a Természetben egyetemes jelenség, mert nincs oly folyamat, amely melegfejlődéssel és melegkiszárással ne járna.

A *nyenyuljhozám* (kertekben is ültetett növényke) érett terméseiben, vagy akár a száradó babbüvelyben igen tekintélyes *rugalmassági energia* van felhalmozva, mely, ha felszabadul, a termésben levő magvakat egy pár méternyire is elszórhatja. A fák kérge is állandó *feszültségben* van, amely körülbelül 10 atmoszféra nyomásnak felel meg. (1 atmoszféra nyomás = 1 kg-nyi súly 1 cm<sup>2</sup>-nyi területre.) A *turgescencia* is igen tekintélyes energiát képvisel. Hogy a fák levelei mindig feszesen állanak, azt tisztára ezen turgornak kell tulajdonítanunk. Ugyancsak nagy mennyiségű energia halmozódik fel a megduzzadt testekben is. Így pl. ha a száraz keményítőszem felduzzad, úgy ez *Rodewald* szerint 2523 (!)<sup>1</sup> atmoszféra nyomást fejt ki. A szárazföldi és vízinnövények turgorja 5—11, az állatoké 3'3—5'3, míg némely gombáé 157 atmoszféra nyomás is lehet. Vagyis röviden : *úgy az alma esésekor, a magvak, sporák kiszóródásakor, a fák növekedésekor, az elektromos hal villamos kisülésekor, a zöld növények asszimilációjakor, a szervezetek világításakor, az állatok izmainak működésekor munka végeztek.* Az eső alma, a magrúgó, a nyenyuljhozám és a felrepedő babnak a *mechanikai energiája*, a villamos halsnak a *villamos energiája* a világító állatok és a zöld növények asszimilációjakor a *fény- és hőenergia*, az állatok mozgásában a bennük levő *kémiai* energia végezte a munkát stb. Azonban az alma sem volt öröktől fogva a fán, tehát a benne levő *mechanikai és kémiai energia* is származott valahonnan, úgyszintén a villamos hal *villamos energiája* is. A növények *kémiai energiája*, készlete, valamint az állatok izomzatában levő energia szintén valami úton-módon került oda vagy ide. Már

<sup>1</sup> Pütter A.: Vergleichende Physiologie P. 438.

e csekély számú példa is mutatja, hogy a Természetben többféle, de egyetemesen működő energiafaj van, amelyek más-más formában jelenhetnek meg és így más és más fajta munkát végezhetnek. Az említettekben kívül az élő testrendszerben éppen úgy, mint az élettelenekben van még: *vonzási-tapadási stb. energia* is. A *Newton*-féle gravitációs elv éppen úgy érvényes az égitestekre, mint pl. a szőlő, a komló felkapaszkodó kacsaira vagy a kiszóródó magvakra. A biológiában ennek egyik megnyilatkozását tropizmusok, taxisok (geo-, foto-, chemo-, hydro-tropizmusok stb.) neve alatt ismerjük. Ha pedig a fenti energiafajok különböző sajátságait közös tényezőre akarjuk hozni, úgy bizonyára ez alig lehetne más, mint az a csodálatosság, hogy az egyik formából átalakulhatnak egy másikba, azonban anélkül, hogy mennyiségükből akár egy szemernyi is veszendőbe menne.

### Alapfogalmak.

Mielőtt az energiafajoknak egymásba való átalakulását, illetve azok egyenértékét az élő Természet jelenségeivel összefüggésben tárgyalnánk, egy pár idevonatkozó alapfogalmat kell előrebocsájtanunk. Ilyenek: a *tömeg*, az *erő*, az *energia* és a *munka* fogalma. Mi a tömeg? Minden, amit a Föld vonz, vagy aminek tehetetlensége, súlya van, vagy még másként: minden, ami vonz, az *tömeg*. Ezzel kapcsolatban: mindaz, ami a tehetetlenséggel szemben valamely test mozgási állapotát megváltoztatja: *erő*. A dologban az a legérdekesebb, hogy valójában nem is ismerjük sem a tömeg, sem az erő fogalmának a lényegét, sőt nem is fogjuk megismerni sohasem.<sup>1</sup> Igaz, hogy az erő nagyságát, irányát vagy más körülményeit a tudomány igen élesen megállapíthatja, a lényege azonban előttünk örökre ismeretlen marad. Az «erő» szónál elérkeztünk a megismerés határához. Az «erő» a mi intelligenciánk alkotása.

Az energia fogalmával is így vagyunk. *Mi az energia? Valamely test munkára való készsége.* Amely test ilyen készséggel rendelkezik, arról azt mondjuk, hogy energiája van. Minden élő és holt testnek vagy rendszernek van energiája, tehát munkát végezhet. És itt kapcsolódik be a *munka* fogalma. Ezzel a fogalommal már másként vagyunk. A munka, ez már valami létező, ez az, amit megfizetnek, ez ad értéket az anyagnak, ez az, amit a természeti jelenségekben látunk, ezt végézzük nap-nap után, ez ad nekünk kenyeret. Tudományosan értelmezve: *munka az, amikor az erő valamely testet bizonyos ideig (úton) mozgat, vagy amikor az erő ellenállást győz le.* ( $M = e \cdot t$ ; vagy  $M = e \cdot l$ .) Munkát végez tehát az állat, amikor önmagát tovább viszi vagy a magrúgó, amikor magjait kiszórja. Munka a virág feslése, a beszéd, a gondolkozás és még ezer és ezer természeti jelenség. Ahová csak nézünk a Természetben, mindenütt munkát látunk. A munka azonban erőpazarlással jár. Minél többet dolgozik valamely testrendszer, annál több energiát fogyaszt. Az energia mennyisége azonban teljesen független attól, hogy élő vagy élettelen testrendszerben működik, vagy hogy milyen formában történik az a munka, mert bizonyos munka elvégzéséhez még az élő testrendszerekben is mindig azonos mennyiségű, de nem mindig azonos minőségű energia szükséges. Az élő testrendszerekben pedig éppen az a képesség van meg — ezért élnek — hogy bennük a különböző energiafajok a külső életfeltételeknek megfelelően módosulhatnak, illetve átalakulhatnak, vagyis, amiről később még jobban meg fogunk győződni, *az élő testrendszerek nem mások, mint energiagyűjtők és transzformátorok.*

<sup>1</sup> Lecher E. dr.: *Physikalische Weltbilder*. Leipzig, 1912. P. 9.

## 2. Helyzeti és mozgási energia.

A természetes jelenségekről vagy helyesebben a különféle energiafajok munkája alkalmával elhasznált energiamentiségekről, azok egymáshoz való viszonyáról tiszta képet csak úgy nyerhetünk, a dolog lényegét csak úgy érthetjük meg, ha egy olyan egységes mértékrendszert alkalmazunk, amellyel minden energiafajt egyformán meg tudunk mérni. A kémikusnak, ki az anyag megmaradásának elve alapján áll, csupán súlyokra és mérlegre van szüksége, ellenben a fizikusnak, ki az energia megmaradását és azok átalakulásait vizsgálja, már sokkal nehezebb dolga van. Másként mérik a hő, másként a villamos, másként a mechanikai munkát, mert mindegyik más természetű. A természettudomány óriási haladását mutatja épen az is, hogy ezeket a különböző energiafajokat egységesíteni tudta. Ennek a munkaegységnek a neve *erg*. Ezzel mindennemű energia által végzett munkát egyformán és pontosan megmérhetünk, illetve összehasonlíthatunk. Tudományosan megállapítva: *erg az a munkaegység, amelyet egy dyn erő fejt ki, miközben egy mg súlyú testet (a Földön!) egy cm magasra emel.* Egy dyn pedig a tudományos (CGS) rendszerben (C = cm, G = gramm és S = sec.) az az erő, mely az egy gr tömegű testnek egy  $\frac{\text{cm}}{\text{sec}^2}$  gyorsu-

lást ad, vagyis amely a sebességet egy mp alatt egy cm-rel növeli vagy kisebbiti, azaz változtatja. A CGS rendszerben tehát egy g tömegű test pl. Budapesten 980 dyn erővel nyom, azaz ennyi a súlya. Minden test pl. Budapesten 980-szor annyi dyn súlyú, ahány gramm a tömege, azaz:

$$1 \text{ kg} = 980.000 \text{ dyn} = 0.98 \text{ megadyn}$$

$$1 \text{ dyn} = 1.02 \text{ mg}, 1 \text{ kilodyn} = 1.02 \text{ g}$$

1 megadyn = 1.02 kg, tehát 1 dyn 2%-kal nagyobb, mint 1 mg, 1 kilodyn, mint 1 g, egy megadyn mint 1 kg. Mivel az erg rendkívül kicsi, helyette ennek ezerszeresét (*kiloerg*) vagy a milliószorosát (*megaerg*) használják. Tíz megaerg pedig egy *Joule*. Ezek helyett régebben a mkg-t használták, amelynek tudományos értéke:

$$1 \text{ kg} = 980.000 \text{ dyn}; 1 \text{ m} = 100 \text{ cm},$$

$$1 \text{ mkg} = 98,000.000 \text{ erg} = 98 \text{ megaerg} = 9.8 \text{ Joule}, \text{ azaz}$$

$$1 \text{ erg} = \frac{1}{98,000.000} \text{ mkg}.$$

Vagyis, ha 1 kg súlyt 1 m magasra emelünk, közel 100,000.000 ergnyi munkát végzünk, illetve *ugyanannyi munkát végez az egy kg súlyú test, ha egy m magasból leesik*; viszont 1 erg-nyi munka végezhető akkor, ha 1 mg súlyú test 1 cm magasból leesik vagy ha azt 1 cm magasra felemeljük. Amikor tehát az 1 kg-os pálmatermés vagy alma, vagy akár egy ágdarab is 1 m magasságból a földre esik, közel 100,000.000 erg-nyi munkát végezhet, illetve ennyi energia van bennük 1 m magasságban felhalmozva; viszont az alig 1 cm magas *törpe kankalin* növényke (Primula minima) közel 1 mg-os magja a leesésekor csupán 1 erg-nyi munkát végezhet, mert a fizika törvényei értelmében többre képtelen. Ezt a példát annak szemléletére mutattam be, hogy a növényzet (ág, lombzat, termés stb.) testében (a kémiai energián kívül!) rengeteg sok helyzeti energia van főlhalmozva, amely munkát, amint később látni fogjuk, a Nap energiája végeztet el.

A fenti szabadesési tételt azonban meg is lehet fordítani, mert számos olyan állat- és növénybiológiai jelenséget ismerünk, amelyek a leeső testek mozgásával épen ellenkezőek. A sok példa közül az egyik tipikus eset a következő. Azt hiszem, mindenki ismeri a mezőkön, árok-széleken igen elterjedt apró kis gyomnövénykét, az *ernyős madárhúrt* (Holoosteum umbellatum). A virágkocsányok a szár végén egy pont-

ből indulnak ki és itt igen érdekes mozgást, tehát munkát végeznek. A virágzás alatt a fehér virágocskák kocsányai felfelé állanak, vagyis a virágok a Nap felé néznek. Így van ez a virágnylás és a beporzódás idején. Mikor azonban a megtermékenyítés megtörténik és a magképzés megindul, a merev virágkocsány könyökben kezd lekonyulni és a megtermékenyített magház most lassan-lassan  $180^\circ$ -nyi utat megtéve, végre lefelé, vagyis a föld felé néz. Ilyen esetben a magház olyan függő helyzetben van, akár az óra ingája. Ebben a csüngő állapotban történik a magképzés, amely idő alatt tekintélyes mennyiségű anyag halmozódik fel a megtermékenyített magrügyekben, illetve a magvakban. Az ember azt gondolná, hogy a kocsány ebben a csüngő állapotban marad és a magvak az anyanövény tövéhez szóródnak ki. Ez azonban nem következik be. A magérés befejezése előtt azt tapasztaljuk, hogy a lehorgasztott termés és a kocsány, mint valamely könyökizületben működő alkar, mint egy egykarú emeltyű lassan kezd felemelkedni és a  $180^\circ$ -nyi utat visszacsinálva ismét állóhelyzetbe kerül. Itt a tok felreped, a szél ide-odamozgatja a növényt, vagyis a centrifugális erő által a nyitott tokból a magvak messzire elszóródnak. Bennünket ezúttal csak a felemelkedett termés érdekel, mert itt egy aránylag súlyos test emeltetett fel egy bizonyos magasságba. Azt pedig az előzőkből tudjuk, hogy bármely test felemeléséhez erő kell. Ez az erő, legalább is annak igen tekintélyes része csakis a növényben működő mechanikai erőkből származhatott. Nem akarom most ezen felemelő erő eredetét kutatni, csak azt óhajtom megállapítani, hogy ezen felemelő munkánál igenis *erő használtatott föl*, mely a termés felemelésében, tehát egy biológiai jelenségben láthatóan is megnyilatkozott. Én egy ilyen termés súlyát a kocsánnyal együtt megmértem és azt 20 mg súlyúnak találtam. A kocsány hossza 25 mm volt. Ha most már erg-ekben akarom kifejezni a munkát, melyet a növény végzett akkor, amikor a termését felemelte, csupán az *utat* és a *test súlyát* kell ismernem és akkor ezek szorzata adja a végzett munkát erg-ekben, ami az összehasonlításra már alkalmas.

Tudjuk, hogy egy erg-nyi munkát végzek akkor, ha 1 mg súlyú testet 1 cm magasra emelek fel. A fenti példában a termés 5 cm magasra emelkedett föl és a súlya 20 mg volt, amiből az következik, hogy a növény egy termésének felemelésére épen 100 erg-nyi munkát fordított. Ezt a munkát az a növényke egy nyáron 10-szer is megteszi, mert 10 virágja is lehet, ami egy nyáron, illetve egy életen át 1000 erg-nyi munkát jelent. *1000 erg-nyi mozgási energia egy nyáron, egy életen át!* Bámulatosan csekély ahhoz a munkához képest, amit egy állat akár 1 nap alatt is végez. Hiszen egy bolha egyetlen ugrása alkalmával több energiát használ el, mint ezen növényke egész nyáron át egy virágjának egyetlen felemelésekor! Az állatok különben is hihetetlenül több energiát használnak el életük folyamán, mint a növények, ezért a növények helyhez-kötöttsége csupán energetikai szempontból is hasonlíthatatlanul gazdaságosabb állapot.

A növények u. i. minden táplálékot készen kapnak és pedig vagy a gyökereket körülvevő talajból, vagy pedig a környező levegőből. Nem kell érte nagy utakat megtenniök, nem kell érte harcolniok, tehát nem kell érte tulságosan sok energiát elpazarolniok, már pedig az állatoknak csupán a táplálék megszerzése is rengeteg energiájukba kerül.

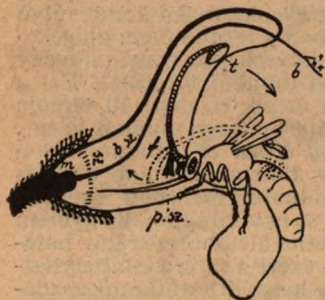
De a növényzet számára nemcsak a *táplálék megszerzése* jelent energia megtakarítást, hanem a *táplálék felvétel is*, mert még ezt az életjelenségüket is a külső erők végzik el. Elég legyen itt csupán a talaj tápláló sóinak ozmosisára, a széndioxid és oxigén diffúziójára (asszimilálás, lélekzés), vagy magára a párolgás jelenségeire gondolnunk, amelyeket külső fizikai tényezők idéznek elő, már pedig ezek tisztán mechanikai elvek alapján működnek. (Oldatok koncentráció különbsége, levegő páratartalma stb.)

A növények életében különben is majdnem mindig a *külső tényezők* idézik elő az életjelenségeket, amely munkában a növényi testrendszer csak a passzív szerepet, a pusztá gépezetet játssza. Csak néha-néha tűnik előtérbe, hogy a növényi testrendszer aktíve is részt vesz a munkában, de akkor az a munka, tehát az az életjelenség igazán hihetetlen csekély energiafogyasztással jár.

Annak szemléletére pedig, hogy valamely élő *növényi testrendszer* a maga készítette gépeivel még a legfontosabb életjelenségeket is mily hihetetlenül csekély energia felhasználással végzi el, a számtalan példa közül még csak a következőt említem meg. A dologban az a legmegkapóbb és legfenségesebb, hogy egy-egy nagyfontosságú munkát, pl. a virág beporzást nem is maga a növény végzi el, hanem egyszerűen mással, egy bogárral végezteti el. Hiszen ha a dolog lényegét nézzük, akkor a virágok nagy része energetikai szempontból nem is más, mint önműködő mechanikus, tehát látszólag *élettelen* gépezet, melyet egy idegen rendszer, pl. egy bogár hoz működésbe, vagyis a *mechanikus növényi berendezkedésből egy bogár váltja ki az életjelenséget*. A virággép csupán passzív szerepet játszik, mert az effektív munkát tulajdonképpen a bogár végzi el. Az élő testrendszerek mechanikus berendezkedéseit némileg egy olyan feltalálóhoz is lehetne hasonlítani, aki egy nagyszerű gépet talált föl, azonban a feltalálás után már nem dolgozik semmit, mert a találmányából nemcsak maga él meg *dolog nélkül*, hanem még az utódjai biztos jövőjéről is gondoskodik.

Vizsgáljuk meg közelebbről a zsálya beporzási mechanizmusát és próbáljuk elképzelni azt a hihetetlen kevés energiát, amit *maga a növény* effektív munkájában közben vesztett el. Amint látni fogjuk, ez a munka majdnem a nullával egyenlő.

A mellékelt kép a közismert mezei zsálya virágmechanizmusát szemlélteti. A kétajkú virág alsó ajkára egy méh repült, hogy a virág tövében a szórkoszorúval (*sz*) elzárt mézet fölnyalja. A szabad bemene-telt a két porzó alsó vége teljesen elzárja. A méh azonban bátor leányzó,



1. kép. A zsálya beporzódása.

az idegenből hozott virágport (keresztrel van jelezve), az idegen beporzás azonban ezzel biztosítva van. És ez a legfontosabb!

Ha a porzó eme működését tüzetesebben vizsgáljuk, úgy abban teljesen ráismerünk a legegyszerűbb gépre, a kétkarú emeltyűre. Az alátámasztási pont a porzószal végén van (*f*). Az emelő egyik karja a bejáratot zárja el, míg a hosszabb kar a virággörrel teli portokokat hordozza. A zsálya fajfenntartási életében ez az egyszerű gép, ez a kétkarú emeltyű a legfontosabb szerv. Ha ez nem működik, nincs beporzás, nincs magképzés és a zsálya utód nélkül marad. És még ezt a hihetetlen fontos munkát sem maga a növény végzi el, hanem egy bogárra bizza. De igazi gavallér lévén, a bogár munkáját, tehát annak az energia

fogyasztását *ingyen* nem fogadja el, mert azt a néhány erg-nyi *mechanikai* munkát, a virágporszemben felhalmozott *kémiai energiával* fizeti meg. A virágok igazán a bogarak *munkaadói*.

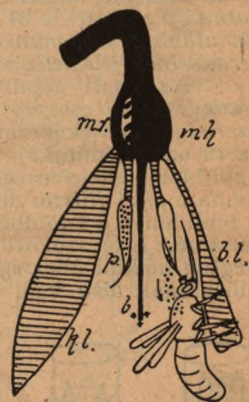
A másik ilyen mechanikai munkáltató virág a hóvirág. A saját beporzásában ez is csak olyanféle *passzív munkát* végez, amelynél mint energia, legfeljebb a porzószál sejtjei között levő rugalmassági energia jöhet számításba; ez azonban bámulatosan csekély mennyiségű.

A hóvirág rendszeren csüngő helyzetben virít. A virág közepéből a hosszú bibeszálú ragadós bibe nyulik ki. (b) A hat porzó (p) hozzásimul a függőleges helyzetű bibeszálhoz, csupán a portokok vékonyodott végei hajlanak el a bibétől. E vékony nyulványoknak igen nagy a jelentőségük. A portokok u. i. a *bibe felé* néző oldalukon repednek föl és ha valami különös nem jön közbe, ha a porzókat, ezeket a kis gépecskéket nem mozgatná ki a helyükből, a virágpór a portokból ki sem hullhatna, vagy ha ki is hullana, akkor is a *bibe mellett* esne le a földre anélkül, hogy a bibét megérintené. Ha azonban pl. egy méh a virág tövében levő mézért a virágba akar menni, annak akaratlanul is ki kell mozdítani a porzókat ebből a nyugalmi helyzetből. Amint azonban a méh a portok vékony szálát *kijelöl* tolja, a porzó, mint egy egykarú emeltyű helyéből kimozdul (mily csekély energia használtatott itt föl!) és a portokban levő virágpór most függőlegesen egyenesen a méh hátára hull. A méh mitsem törődve ezzel a virágpór-esővel, valamint a lakmározás alatt hátára hullott virágpórral, most egy más virágba repül, ahol előbb a kiálló bibéhez okvetlenül hozzákenni az *idegen* virágpórt, ami által a beporzást — a zsályához hasonlóan — akaratlanul is elvégezte.

Tehát itt is ugyanaz az eset ismétlődik meg, mint amelyet a zsályánál láttunk. Itt is a *mechanikai munkáért a növény kémiai energiát adott*. Az egészben azonban az a legfontosabb és legfőnségesebb, hogy ezt a mechanikai gépezetet is a növény mily hihetetlen csekély energia felhasználással tartja üzemben.

Ne gondoljuk azonban, hogy a növényzet az ilyen munka mellett másnemű mechanikai munkát nem végez. Hiszen amikor pl. a legkisebb szellő a fák leveleit megrezgetti, vagy amikor az orkán végiggázol erdőn, mezőn és rónán, mindannyiszor a növény testét alkotó szövetek *rugalmassági* energiája fejt ki ellenhatást, ami ugyancsak nagymennyiségű energia felhasználással jár. De hányszor történik meg ez egy életen át! Vajjon egy hatalmas tölgy élete folyamán hányszor kelt birokra a széllel és mennyi energiájába került neki egy-egy ilyen küzdelem? Nincs a növénynek egyetlen szerve, egyetlen levele sem, amely az életéért, ezért a *parányi részletéért* — mely a közös életből reáesik — rengeteg energiával már ne adózott volna. A növénynek az életért épen úgy kell energia áldozatot hozni, akárcsak az embernek. Ha az életet így értelmezzük, akkor valamennyi élőlényben, tehát növényben, állatban, de magában az emberben is egy olyan *értéket* illik és kell látnunk, melynek háta mögött hosszabb vagy rövidebb ideig tartó, de kérlelhetetlen *küzdelem* és *győzelem* van. A külső fizikai tényezőkkel vívott és a pusztta életért való elkeseredett küzdelem — amint alább is látni fogjuk — az élőtestrendszereknek rengeteg energiájába kerül, természetesen egyiknek többbe, másiknak kevesebbe.

De honnan veszik a növények ezt a rengeteg energiát? Az élő testrendszereknek, tehát a növényeknek is az a tulajdonságuk, hogy az elhasznált energiát pótolni tudják. Ha ez az utánpótlás elmarad, akkor

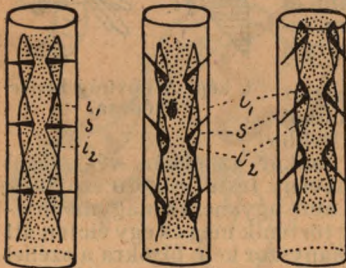


2. kép. A hóvirág beporzása.

az *élő mechanizmus* is felmondja a szolgálatot. Hogy ez az utánapótló üzembentartás a növény testében hogyan történik, azt majd később fogjuk meglátni.

Míg a növény életfolyamatai alatt *aránylag* kevés energia használódik el, addig az állat, vagy maga az ember is, rengeteg energiaforgalommal dolgozik. Az ember pl. egy nap alatt 317.000 mkg, vagyis 31.066.000.000.000 ergnyi munkát végez, ami 8 órai munkaidőben 1" alatt 11 mkg (l) munkának felel meg. Ha ezt az ember testsúlyára vonatkoztatjuk, akkor 1 kg-ra 1" alatt 0'157 mkg munka jut. (A lónál 0'26 mkg.) Legnagyobb munkabírásuk van a bogaraknak, hiszen a bolha testmagasságának a 100-szorosát képes megugrani. A szív munkája is — különösen a balkamráé — igen tekintélyes, amely 24 óra alatt 27.000 mkg munkát végez, ami azt jelenti, hogy a szív 1 kg-t egy nap alatt 27.000-szer emelhetne fel 1 m magasra. Ha a szív súlyát (1 kg) és a munka végzését (27.000 mkg) a test súlyával (75 kg) és annak munka végzésével (290.000) hasonlítjuk össze — természetesen a szív munka végzését az egészből le kellett vonni — akkor azt tapasztaljuk, hogy a szív *aránylag hétszer több munkát végez, mint a test*. Viszont az emberi test mintegy  $98.10^6 \times 317.10^3 - 10^3 = 31066.10^6$ , vagyis 31 milliárd és 66 milliószor több munkát végez 1 nap alatt, mint amennyit az a kis növényke terméseinek felemelésével egy egész nyáron át.

Az állati gépüzemnek ez a nagy energiafogyasztása sokszor bámulatosan csekély mennyiségekből adódik össze. Néha egy-egy szerv igazán csekély munkát végez, de a száz és száz, ezer és ezer hasonló szerv azonos munkája tekintélyes nagyra növekedhet, ami azután egy-egy biológiai jelenségben válik érzékelhetővé. Erre igen szemléletes példa a földi giliszta mászása földalatti járataiban. Ismeretes u. i., hogy a földi giliszta a földben járatokat fúr magának, amelyekből néha a föld felszínére is fel szokott jönni. Mi módon lehetséges az, hogy egy látszólag végtag nélküli állat egy függőleges csőben felemelkedhet. Hogy a földi gilisztának lába van, azt kevesen tudják, de egy egyszerű kísérlettel



3. kép. A giliszta mászása.

mindenki meggyőződhet róla. Tegyük a gilisztát érdes papírlapra és erősen figyeljünk. Halk percegést fogunk hallani, amely hang úgy keletkezik, hogy a giliszta apró sörtelábai (minden gyűrűn 8) beleakadnak a papíros durvaságába. Ezekkel a sörtékkel mászik ki a giliszta földalatti járataiból és pedig úgy, amint ezt a mellékelt rajz mutatja.

Mindhárom rajzon a csövek a giliszta járatait jelentik. Az elálló sörték a cső falához érnek és abban meg is akadhatnak. A sörték tővéen a bőr-izomtömlőben egy pár izom (i1 és i2) van; ezek egyszerű működése eredményezi azt, hogy a giliszta földalatti járataiban járjálhat. Az első

rajzon a sörték vízszintes helyzetben vannak, tehát egyik izom sem működik különösebben. A másodikban a sörteemelő izmok (i2) összehúzódnak és a sörték végei belekapaszkodnak a gilisztajárat falába. A harmadik rajzon a sörteemelő izmok elernyednek, de ugyanekkor a velük ellentétesen működők (i1) huzódnak össze. Mivel a sörték hegyei a járat oldalába akadtak, tehát ellenállásra találtak, ennek következtében az összehúzó izmok az állatot a csőben feljebb emelik. Vagyis a sörték, melyeknek működése itt egy életjelenségben, a mászásban nyilatkozik meg, voltaképpen nem mások, mint egyszerű mechanikus berendezkedések, tehát egyszerű gépek, melyek nélkül a csőben való mászkálás bizonyára nehezebben menne. A giliszta földalatti életmódjá-

hoz ennél alkalmasabb szerszámot talán még mi magunk sem igen tudnánk elképzelni.

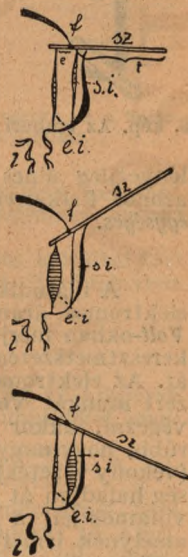
A fentiek alapján ismerjük már a szerszámot és működését, most pedig azt számítsuk ki, hogy egy-egy ilyen felmászás alkalmával mekkora mechanikai munkát végez a giliszta, illetőleg mennyi energiájába került neki ez az egyszerű *életjelenség*. A giliszta teste 100—200 gyűrűből is állhat (gyűrűs féreg); mindenik gyűrűn 8 ilyen kis emelő van, vagyis a gilisztát ca 1000—1500 ilyen parányi kis láb emeli föl. A mászás alkalmával végzett munkát megkapjuk, ha a test súlyát megszorozzuk az úttal. A giliszta súlya kb. 1 dg, vagyis 10 gr. Egy-egy emelés alkalmával a giliszta teste csupán 0.2 mm-rel emelkedik, mivel a sörték hossza  $\frac{1}{10}$  mm, illetve csak ennyire emelkednek ki a test felszínéből. Ha a 10.000 mg súlyú giliszta teste 0.2 cm-nyire emeltetik föl, ahhoz 5000 ergnyi munka szükséges. Minthogy ezt a munkát közel 1500 emelőkar végezte, így egy-egy parányi gépecskére csupán 3 ergnyi munka jut. Csakhogy ezek az apró munkák mind összeadódnak és azt eredményezik, hogy az aránylag súlyos giliszta feljut a föld színére.

Hogy pedig ez a mechanikai munkává átalakult energia az állati testben hogyan keletkezik, azt majd később fogjuk meglátni. Itt csupán csak arra akartam rámutatni, hogy az állati szervezet számtalan egyszerű gépből van összetéve, melyeknek működése épen olyan mechanikus, mint a szervetlen világ gépeié. A fizikai elv mindkettőnél tökéletesen ugyanaz. Az élő és holt testrendszerek mechanizmusai lényegükben azonosak, ami szintén a természet harmonikus egységét hirdeti.

Az előzőekben szó volt a bogarak mechanikai energiafogyasztásáról is és azt mondtuk róluk, hogy aránylag ezeknek van a legnagyobb munkabírásuk. A bogarak testrendszere sem más, mint az egyszerű gépek komplexumai, melyeknek harmónikus együttműködése valamilyen életjelenségben jutnak kifejezésre. A bogarak helyváltoztatása, járása, de maga a repülés mechanizmusa sem más, mint a kétkarú emeltyűnek csodálatos alkalmazása, amely élet-tani jelenséget is a legszigorúbb mechanikai elvek határoznak meg, tehát a működésük sem lehet más, mint szigorúan mechanikus. De figyeljük meg, hogyan is repülnek a bogarak? A bogaraknak a gerinces állatoktól eltérően külső vázuk és belső izomzatuk van, vagyis az izomzatuk belülről tapad a bőrnemű (chitin) vázhoz.

A mellékelt rajz vázlatosan szemlélteti a bogár repülését. A rajz a bogár testét a jobbszárnyal együtt keresztmetszetben tünteti föl. A szárnynak (*sz*) — mely, mint kétkarú emeltyű működik — az *f* pontban van a forgási pontja. A forgási pont mindkét oldalán két fontos izom ered, egyik a szárnyemelő (*e. i.*), a másik a sülyesztő izom (*s. i.*). A felső rajzban a szárny vízszintes helyzetben van, a középsőben a szárnyemelő összehúzódik, a sülyesztő pedig megnyulik, miáltal a szárny felemelkedik. A következő pillanatban a sülyesztő izom működik, ez húzódik össze, miáltal a szárnyat lehuzza, a másik ellenben megnyulik és engedi, hogy a szárny lecsapodjék. Vagyis, amint látjuk, ennek a két izomnak váltakozó működése és a szárnynak, mint kétkarú emeltyűnek az alkalmazása lehetővé teszi a bogarak csodálatos repülését. Az emeltyű-szerkezet ilyen mechanikus alkalmazása nélkül a bogarak, de általában a repülő állatok bizonyára nem tudnának repülni.

Hogy pedig a repüléskor végzett mechanikai munkát a munkaszerűséggel szintén ki tudjuk fejezni, azt az előzők alapján teljesen föl-



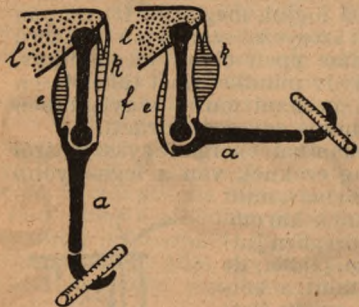
4. kép. A bogár repülése.



leges bővebben tárgyalnunk. Itt csupán annak a megemlítését tartom még fontosnak, hogy amikor a Természet egyetemes mechanikai elveiről beszélünk, azok szükségképen az emberre is vonatkoznak, mert hiszen ő sem kivétel a Természetben, az ő testét is ugyanolyan rendszerű gépek alkotják, mint a többi állatét. Hogy az emberiség ilyen szédületes magasságba jutott, azt teste szervezetének, de különösen keze csodás alkotásának köszönheti. Az emberi kar és kéz olyan csodálatos remekmű, amelynél bámulatraméltóbb technikai alkotás alig képzelhető. A mellékelt rajz csak a legfeltűnőbb mozgást szemlélteti, de ebből is kiviláglik a mechanikai elv.

Az emberi kar a lapockához (*l*) a felkarcsonttal (*f*) izesül. A lapockáról két főizom ered, az egyik a kétfejű izom (*k*), ennek összehúzódásakor az alkar felemelkedik, míg a másik a karnyújtó izom, mely a kart egyenesíti ki (*e*). Az alkar ilyenmű működése teljesen hasonlatos az egykarú emelő munkájához, melynek forgási pontja a könyökizületben van.

Ez a kargép működésének száraz leírása. Hogy azonban ez a gépezet is szintén az egyetemes mechanikai elvek alkalmazásával végez el valamely mechanikai munkát, az nem szorul bővebb bizonyításra, nem is szólva arról, hogy a vele végzett munka a mechanikai munkaegységgel szintén meghatározható.



5. kép. Az emberi kar működése.

lényegileg nincs különbség és azonos fizikai erők működnek, egységes.

Összefoglalva e fejezetben mondtakat, a lényeg az, hogy az élő testrendszer is mechanikai munkát végez és hogy ezeket az *életjelenségeket* a munkaegység alapján össze tudjuk hasonlítani a szervesetlen testrendszerek hasonló mozgásaival. Az összehasonlításból az a szükségszerű következtetés is folyik, hogy a kétféle testrendszer mozgásai, működései között hogy mindkét testrendszerben teljesen azonos mechanikai elvekben a Természet

### 3. Villamos energia.

A második példánk az elektromos hal volt. Azt az erőt, mely az elektromos áramot létrehozza, elektromotorikus erőnek nevezzük és Volt-okban mérjük. Az áram hatásán pedig azt értjük, hogy a vezeték keresztmetszetén az időegység alatt mekkora mennyiségű áram halad át. Az elektromos mennyiséget Coulomb-okban mérjük, míg a végzett munkát Volt-Coulombokban (V. C.). Ha nagy munkát akarunk végezni, akkor mindkét tényezőt nagyobbíthatjuk, azonban célszerűbb, hogy nagy kapacitásvolt mellett kevés elektromos mennyiség (vékony vezeték), vagy kis kapacitásvolttal sok elektromos mennyiség haladjon át a vezetéken (vastag vezeték). Az előbbi vezérelvet a villamos hal a villamos szervében igazán csodálatosan oldotta meg, amelynek ismertetésébe itt nem bocsájtkozhatom.<sup>1</sup> Tájékoztatólag megemlíthetjük azonban azt, hogy egy elektromos szerv pl. a *Rájánál 433*, a *Malapterurusnál 4600*, a *Gymnotusnál pedig 6000 darab egymástól szigetelőkkel elválasztott alig 0,03 mm hosszú apró batteriákból áll, melyek egymásután vannak kapcsolva. Egy-egy kis batteriakapacitásvoltja 0,056 Volt.* Bennünket egyelőre csupán a termelt elektro-

<sup>1</sup> Gorka Sándor: Az elektromosság mint állati fegyver. Természettudományi Közlöny. 1898. P. 408.

mos energia mennyisége és annak átalakulása érdekel. Az a kérdés, hogy egy ilyen hal a felhalmozott villamos (potentialis) energiájával hány erg-nyi munkát végezhet.

Az elektromos munkabírás mérésénél azt nézzük, hogy 1 mp. alatt mekkora munka végezhető, tehát hány *erg*, *kiloerg*, *megaerg* vagy *Joule*. Az utóbbi egységet, amely már 10 millió erget tartalmaz a nagy angol fizikus nevééről *Watt*-nak nevezzük. Mivel a közönséges életben még a Watt is kis mérték, ennek 100-szorosát a *hektowattot* vagy az 1000-szeresét a *kilowattot* használják. Egy hektowatt tehát közel 1 milliárd, a Kw pedig 10 milliárd erget tartalmaz per mp. Régebben ezt lóerőkben, illetve mkg-okban fejezték ki:

$$1 \text{ mkg} = \frac{9 \cdot 8 \text{ Watt}}{\text{sec.}}$$

1 lóerő = 75 mkg (per mp.) = 736 Watt = 0.736 Kw.  
Órákra átszámítva lesz Hwó, Kwóra, azaz

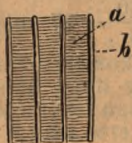
$$1 \text{ Hwó} = 3 \cdot 6 \text{ billió erg}$$

$$1 \text{ Kwó} = 36 \text{ " " "}$$

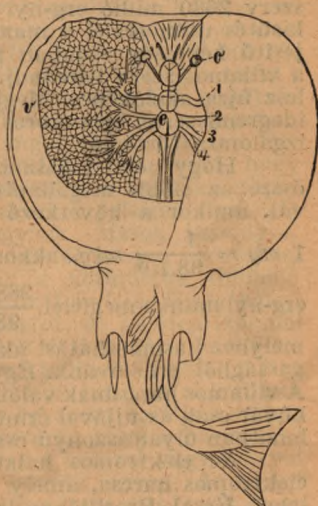
$$1 \text{ erg} = \frac{1}{3 \cdot 6} \text{ billiomod Hwó és}$$

$$1 \text{ " " "} = \frac{1}{36} \text{ " " Kwó.}$$

B



A



6. kép. A Rája villamos szerve. B a batte-riácskák egymás mellett.

Hogy egy erg-nyi elektromos munka mily parányi értéket képvisel, annak szemléletére megemlítjük, hogy egy erg-nyi elektromos munka körülbelül 1 billiomod aranyfillérbe kerül.

Ezzel a mértékkel azután megmérhetjük a villamos hal által termelt villamos energiát, illetve az általa végzett munkát. Eredményhez a következő egyenletből jutunk

$$\text{Munka} = \text{V.} \cdot \text{C.}$$

(M.)      (V.)      (C.)

A Voltok száma a Gymnotusnál 335, a Coulombokat pedig az Amperek és Coulombok összefüggéséből állapíthatjuk meg. A Coulombokat megkapjuk, ha [az Ampereket az időegységgel elosztjuk  $\left(\frac{\text{Amp}}{\text{sec.}}\right)$ . A vil-

lamos halaknál az áramerősség 1—10 Amp. lehet. A Gymnotusnál, ahol a Voltok száma igen tekintélyes az áramerősség minimum 10 Amp. Ha már most erg-ekben akarjuk a termelt munkát kifejezni, legcél-szerűbb, ha a Voltokat és a Coulombokat elektrosztatikai egységekben fejezzük ki.

$$1 \text{ Coulomb} = 3 \cdot 10^9 \text{ elektrosztatikai egység}$$

$$1 \text{ Volt} = \frac{1}{3 \cdot 10^2} \text{ " " "}$$

A mi esetünkben az Amperek száma 10, a kisütések időtartama 0.01 mp. (0.001 mp = c), = 10c, amiből a végzett munkát megkapjuk:

$$M = V \cdot C, \text{ vagyis}$$

$$M = \frac{335 \cdot 10^{-1} \cdot 3 \cdot 10^9}{3 \cdot 10^2} \text{ egyszerűsítve}$$

$$\text{Munka} = 335 \cdot 10^6, \text{ azaz } 335 \text{ millió erg.}$$

Ennyi erg-nyi munkát végez a villamos harcra egyetlen kisütés alkalomával. De nemcsak egy kisütést tesz, hanem 6—8-at is, ami a fenti értéket még megnyolcszorosozza, vagyis a nyolcszori kisütéssel a villamos szerv 2680 millió erg-nyi munkát végzett. Az áram ereje a harmadik kisütés után éri el a maximumát, azután fokozatosan gyengül. A teljesítő képesség azonban nem sokáig tart, mert a 6—8 kisütés után a villamos szerv felmondja a szolgálatot és csak pár napi pihenés után lesz újra akcióképes. Megjegyzendő még az, hogy a villamos szerv az idegrendszerrel igen szoros kapcsolatban van és a kisütés is mindig idegizgalomra történik.

Hogy némi fogalmunk legyen ezen erő nagyságáról, hasonlítsuk össze az előbb megállapított mechanikai energia egységével a mkg-val, amikor a következő érdekes eredményhez jutunk. Ha

$$1 \text{ erg} = \frac{1}{98 \cdot 10^6} \text{ mkg}, \text{ akkor a villamos hal ütése által végzett } 2680 \cdot 10^6$$

erg-nyi munka megfelel  $\frac{2680}{98} = 27 \text{ mkg}$ -nak, vagyis egy olyan erőnek,

melyhez hasonló hatást akkor éreznénk, ha pl. egy 27 kg-os test 1 m-gasságból esne reánk. Egy ilyen ütet már igazán megérez az ember. A villamos harcának valóban félelmetes ütései vannak. *Bajon* természetbúvár csak az ujjával érintette meg a sajtató hal farkát és abban a pillanatban olyan iszonyú csapást kapott, hogy a földre zuhant.

Az elektromos halak közül legnagyobb és legfélelmetesebb az elektromos harcra, amely két méter hosszú és combnyi vastagságú is lehet. Észak-Braziliában igen gyakori. Nappal árnyékos helyeken a víz alján pihen, csak este lát zsákmánya után, melyeket rendkívül hatásos és jól irányzott ütésekkel ejt el. De nemcsak az apróbb állatokra veszedelmes, hanem a nagyobbakra is, mert pl. még marhákat és lovakat is elpusztíthat elektromos ütéseivel. Kígyómódra mozog a víz felszínén, majd nagy furfanggal a lovak hasa alá lopózik és ott süti ki félelmetes fegyverzetét. Mesteri leírást nyújt az elektromos angolna félelmetes ütéseiről a nagy természettudós, *Humboldt Sándor*, aki először vizsgálta meg e csodálatos halakat.<sup>1</sup>

Kísérleteinket — írja *Humboldt* — eleinte Calabozóban levő házunkban akartuk végezni, de a nép annyira fél az elektromos angolna ütéseitől, hogy az első három nap alatt nem tudtunk ily halra szert tenni, bár nagyon könnyen halászható és bár minden nagy és erős példányért két piasztért ígértünk az indiánoknak. Ezen félelmük annál is inkább megfoghatatlan, mert állításuk szerint egész biztosan ható ellenszerük van, melyet azonban mégsem használnak; csak a fehér embereknek mesélik, ahányszor a *tembladores* (elektromos hal spanyol neve) ütéseiről van szó, hogy a halakat egész bátran kézbe lehet venni, ha az ember bagózik. A dohány hatásának ez a meséje az állati elektromosságra egész Dél-Amerika szárazföldjén elterjedt éppen úgy, mint a matrózok ama megfoghatatlan tévhite, hogy a foghagyma és a faggyú hatnak az iránytűre.

Megunván a sok várakozást s nem lévén megelégedve egy még életben levő, de nagyon kimerült elektromos angolnával végzett, fölötté kétes értékű kísérletek eredményével, útra keltünk a Cano de Bera felé, hogy kísérleteinket a szabadban, a víz közvetlen közelében folytassuk. Hálóval csak nehezen lehet kézrekeríteni a rendkívül mozgékony

<sup>1</sup> Brehm A.: Az állatok világa. VII. 395.

elektromos angolnát, mert kígyó módjára az iszapba fúródik. A *Piscidea erythrina*, a *Jaquinia* és a *Phyllanthus* nevű növények gyökerének az a tulajdonsága, hogy vízbe dobva az abban élő állatokat megrészegíti és elkábítja; ezen szert az úgynevezett *«barbasco»*-t akartuk alkalmazni, hogy az elektromos angolnák elgyöngüljenek; az indiánok azonban azt mondták, hogy lovakkal fognak halászni. Vezetőink nemsokára visszatértek a pusztából s körülbelül 30 darab nem idomított lovat és öszvért hajtottak össze és ezeket a vízbe kergették.

A lódobogás szokatlan zaja csakhamar kizavarta a halakat az iszaptól és támadásra ingerelte őket. Az annyira különböző állatok harca a legfestőbb látvány. Az indiánok hajító lándzsával és hosszú, vékony nádpálcákkal fölfegyverkezve, sűrű sorban körülvették a tavat; néhányan felmázták a fákra, melyeknek ágai a víz színe fölé hajoltak. Vad kiabálással és hosszú nádvesszőkkel visszakergették a lovakat, ha partra akartak menekülni. Az elektromos angolnák, elbódítva a lármatól, ismételt ütésekkel védték magukat. Sokáig úgy tetszett, hogy a győzelem az övék marad. Néhány ló áldozatul esik a láthatatlan csapásoknak, melyek mindig a leglényegesebb szerveket találják; az erős és szakadatlan ütésektől kimerülve összerogynak. Mások tüsszögve, horkolva, felborzolt sörénnyel s a vad félelemtől merev szemekkel megint felugranak és menekülni iparkodnak a körülöttük tomboló vihar elől, de az indiánok megint visszahajtják őket a vízbe. Egynéhány, kikerülve a halászok éber figyelmét, eléri a partot, de minden lépésnél megbotlik és merev tagokkal, halálra csigázottan veti magát a homokra. Alig telt el öt perc és két ló a vízbe fult. A körülbelül másfél méter hosszú angolna fortélyosan a ló hasa alá iparkodik jutni és elektromos szervének egész hosszával mér ütést rája, mely egyszerre találja a szívet, a belső szerveket és a hasidegeket. Így természetes, hogy a hal sokkal erősebben hat a lóra, mint az emberre, aki csak a kezével vagy lábával érinti. A lovakat ugyan semmiesetre sem üthetik agyon, de mivel elkábítva nem képesek föltápászkodni, ameddig a harc más lovak és az elektromos angolnák között folyik, megfúlnak.

Azt hittük, hogy valamennyi, a halászathoz használt állat egymás után okvetlenül elpusztul. De a harc heve mindinkább gyöngül és a kimerült angolnák elszélednek. Most hosszú nyugalomra és dús táplálékra van szükségük, hogy elpazarolt elektromos erejüket visszacserezzék; az öszvérek és lovak nem félnek már; sörényük nem borzódik föl, szemük sokkal nyugodtabban tekint. Az elgyöngült angolnák a tó partja felé úsznak, ahol apró, hosszú zsinórra kötött szigonyokkal halásszák őket. Néhány perc múlva öt nagy, csak kevéssé megsérült angolna birtokában voltunk. Estefelé még többet is fogtunk hasonló módon.

Ezek után felmerülhet az a kérdés, hogyan kerül ez a réngeteg elektromos energia a villamos halba? Bizonyára nem úgy, ahogyan egy akkumulátort megtöltenek, hanem úgy, hogy ezt a villamos energiát a hal önmaga termelte. Azt pedig a fizikából tudjuk, hogy a meleg (bár nehezen), de különösen a kémiai energia elektromos áramot létesíthet. A gyakorlatban általában így is állítják elő. A villamos halban levő villamos áram is így keletkezhetett. A hal a táplálékkal önmagában kémiai energiát raktároz föl, amelyet villamos szerve segítségével elektromos energiává alakít át. Ebből az átalakított energiából végzi egyrészt a munkát (úszik, nyel stb.), másrészt pedig ebből tartja fenn teste hőmérsékletét is. Hogy ez az átalakulás hogyan történik, azt később látni fogjuk.

Az egészből a lényeg csupán csak az, hogy az élő testrendszerekben is teljesen ugyanazon villamos jelenségek játszódhatnak le, mint az élettelenekben, tehát ebben a tekintetben is egységes a Természet.

## 4. Hőenergia.

A harmadik energiafaj a meleg. Hogy a melegnek az élő Természetben mily nélkülözhetetlen szerepe van, azt mindenki tudja. Még azt is mondhatnók, hogy ez tartja fenn az élő Természet mechanizmusát. Bennünket egyelőre csak energetikai szempontból érdekel. Tudni akarjuk, hogyan és miből keletkezik, milyen munkát végez az élő szervezetben és mivé lesz. Egyszerűség kedvéért térjünk vissza a legelső példánkhoz, a leeső pálmaterméshez, vagy az almához. Tegyük föl, hogy az az 1 kg-os palma vagy almatermés, vagy akár egy ágdarab is az 1 m magasságból a tengerbe vagy egy tóba esett. Az 1 m magasságban — amint láttuk — még 98,000.000 erg-nyi munkakészletük volt, mikor pedig a tenger (tó) színére értek, ez az energiakészletük teljesen elfogyott. Amint azonban — pl. a pálmatermés — a vízre esett, hallhattuk a víz csobbanását. Itt már egy új energiafaj, a *hangenergia* keletkezett, mely nem is egyszerű, hanem összetett energia, nevezetesen a *levegő rugalmas és mozgási energiájának* váltakozó átalakulása. A csobbanás után a víz felszínén a hullámgyűrűk ritmikus mozgását is láthatjuk, amely munkát szintén az almában felhalmozott mechanikai energia okozott, vagyis a felgyülemlett energia (az esés alatt mozgási energia) átalakult egyrészt hangenergiává, másrészt mechanikai energiává, mely a tenger (tó) vizét mozgásba hozta. Ugyanilyen, de másnemű mechanikai munkát végez a mozgási energia, pl. a fáról leeső vadgesztenyével, vagy dió héjával is, amikor az a leesés alkalmával feltörik és ezáltal a mag a tokból kiszabadul. A feltörés munkáját itt is a felhalmozott energia végezte el. De ha mindez nem is történe meg, ha az a pálmatermés nyugodtan megmaradna a leesési helyén, — vagy hogy még tisztább képet kapjunk — esetleg egy befagyott patak felett egy 1 kg-os súlyú ágdarabot lefűrészelnénk, akkor azt tapasztalnók, hogy a leesés helyén a jég megolvadna. A jég megolvadásához pedig meleg kell. Nem akarom e példát továbbfűzni, de már ebből is megállapítható, hogy az eső testek *mozgási energiája átalakul* és pedig amint e példákból is látjuk, részint *hang* és *mechanikai energiává*, másrészt pedig *meleggé*. Az a kérdés, mennyi meleg keletkezett ezáltal? Hogyan lehet megmérni azt, hogy abból a 98,000.000 erg-nyi mechanikai energiából, ami abban az 1 kg súlyú testben felhalmozódott, egy másnemű, de az előbbivel teljesen egyenértékű energia keletkezett? Számtalan kísérlettel bebizonyították, de hiszen tapasztalásból is tudjuk, hogy a dörzsölés (az indiánok tűzgerjesztése, fűrészelés), ütés, elektromos áram, vagy más energiafajok meleggé alakíthatók át és viszont a meleg — bár sokkal nehezebben és körülményesebben — munkává. A kísérletek eredménye, hogy

$$1 \text{ caloria} = 42 \text{ millió erg}$$

$$1 \text{ erg} = \frac{1}{42} \text{ milliiod caloria.}$$

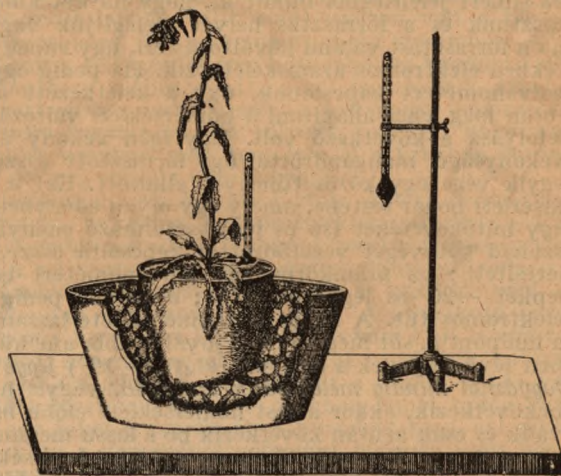
Caloria vagy melegégység pedig az a melegmennyiség, mely 1 g vizet 1 C°-al melegebbé tesz. Ez a tudományos, vagy grammcaloria. Az életben e helyett a kcaloriát használják, amely 427 mkg, vagyis 1 kg súlynak 427-szer kell 1 m magasságból a földre esnie, hogy 1 l. víz hőjét 1 C°-al növelje.

Ha az 1 kg-os alma- vagy pálmatermés vagy az ágdarab a leesés alatt és a leesés helyén, vagyis a földön is meleget fejleszt, az adott esetben  $\frac{1}{427}$  Kal-t, akkor meleget fejleszt az 1 mg-os kankalin magvacskára is; ez körülbelül  $\frac{1}{42}$  milliiod caloria. De nemcsak a magvak hullanak le a földre; lehull a levélzet, kidőlnek a fák, egyszóval a növény teste lassanként *visszaesik* a földszínére, amikor is a leesés helyén meleg keletkezik. Bennünket ez a dolog egyelőre csupán annyiban érdekel,

hogy t. i. a földre eső testek leesésük helyén, de általában minden mozgó test a mozgása alatt meleget fejleszt, illetve mozgási energiájuknak legalább egy része *meleggé* alakul. Hogy ennek az élők világára mily messzireható következményei vannak, azt majd később látjuk meg.

A hőenergiával kapcsolatban helyénvalónak látszik egy pár olyan érdekes jelenségre is rámutatnunk, melyet a hő, mint fizikai tényező gyakorol az élő szervezetekre. Előre is hangsúlyozzuk, hogy a hő, mint fizikai tényező nincs tekintettel az élőszervezetekre, tehát egyformán hat úgy az élő, mint a holt testrendszerekre. Sohasem a hőmérséklet alkalmazkodik az élő szervezetekhez, hanem megfordítva. A meleg az élő testrendszerekre általános életfeltétel. A szervezetek ehhez simulnak és alkalmazkodnak, bár egyes organizmusokra a latens, tehát nyugvó állapotban szinte hatástalannak látszik. Pl. egyes baktériumspórák az általunk előállítható legalacsonyabb hőmérsékleteken, így a folyékony levegő ( $-192^{\circ}$ ) folyékony hidrogén ( $-258^{\circ}$ ) hőmérsékletén, sőt még az abszolút nulla ( $-273$ ) körül sem pusztulnak el. A magasabbrendű növények közül némelyik már  $0^{\circ}$  körül elfagy, míg mások ha meg is fagynak, újra életre kelhetnek. Így pl. a közönséges *kanári fű*, *csibehur* (*Stellaria media*) vagy a *havasi boglárka* (*Ranunculus glacialis*), sőt a sarki *vörösfenyő* (*Larix sibirica*) a  $-30^{\circ}$  és  $-50^{\circ}$ -t is kibírja. A legtöbb növény azonban ilyen alacsony hőmérsékletet nem bír el. A  $0^{\circ}$  alásüllyedés még nem jelenti a növény elfagyását, mert a növényi sejt protoplazmája ilyenkor a felesleges vizet kiadja, amely víz a sejt közötti járatokban jéggé fagy. A plazma azonban, mivel minimális vizet tartalmaz, könnyebben tűri a nagy hideget. Ha a felmelegedés lassan következik be, akkor a járatokban levő jég lassan olvad föl és így lassan vissza is szívároghat a plazmába. Ilyenkor a növény újból feléled és folytatja életműködéseit. Ha azonban a felmelegedés hirtelen történik, a plazma hamarabb melegszik fel és a járatokban is felolvad a jég. De mivel a víz nem tud elég gyorsan átszívárogni a plazmához,

a plazmának pedig ilyenkor sok vízre van szüksége, ennek azután az a következménye, hogy a plazma vízhiányában szomjan hal. Tehát ilyen esetben a növény nem elfagy, hanem szomjan hal. Úgy a talajnak, mint a levegőnek  $0^{\circ}$  alá süllyedése idézi elő részint a hervadást, úgyszintén a levelek hullását is. Hogy a levelek, de általában a növény hervadását valóban a talaj lehülése okozza, erről kísérlet alapján is meggyőződhetünk. A mellékelt 7. képből kintünk, hogy ha valamely növényt cse-repestől jég közé helyezünk és figyelemmel kísérjük a talaj, valamint a levegő hő mérsékletének változásait, úgy rövidesen arról győződhetünk meg, hogy amikor a talaj hőmérséklete  $0^{\circ}$ -ra süllyed, úgy a levelek fonnynadni kezdenek.



7. kép. A lehűtött talaj okozta hervadás bemutatására szolgáló kísérlet. (A Természettud. Társ. közönségszobájában; röv. T. t. k.)

Ezt a jelenséget úgy magyarázzuk, hogy a gyökerek a hideg talajból nem tudnak elég vizet szállítani az lepárolgatott víz pótlására.

Ugyanezen elv alapján történik *összel* a levelek hullása is. Igaz, hogy itt a lehülés mellett a párolgásnak is mint fizikai tényezőnek igen fontos szerepe van. A levélhullás is természetes folyamat, melynek közvetlen oka szintén az, hogy *összel* úgy a talaj, mint a levegő erősen lehül. A lehült talajból pedig a gyökerek nem tudnak annyi vizet felvenni, amennyit a levelek elpárologtathatnának, amiért is a levelek víz hiányában lehullanak. Mivel a levelek lehullásával a fa párolgó felülete kisebbedett meg, így a levelek lehullása csupán egy védekezési berendezkedés. A levél tehát nem azért hull le, mert meghalt — amint ezt általában hiszik —, hanem azért, mert feleslegessé, haszontalanná vált.

Még érdekesebb a hideg hatása az állatokra. Ismeretes jelenség, hogy egyes állatok, pl. bogarak, halak, békák stb. a legnagyobb hidegben sem pusztulnak el, dacára, hogy csontkeményre fagnak. Ez is, mint minden más jelenség a Természetben fizikai törvényszerűségekre vezethető vissza. Ilyen esetekben a túlhűtött folyadékok elve érvényesül, amelynek az a lényege, hogy minden oldat fagyáspontja annál mélyebben van, minél töményebb, koncentráltabb az, amiből azután az is következik, hogy ezen oldatok ú. n. kritikus fagyási pontja jóval nulla alatt van. De nemcsak az oldatokra, hanem magára a vízre is érvényes ez a törvény. Mert ha a víz nyugalomban van és jégdarabkával nem érintkezik, úgy ebben a folyékony állapotban jóval az olvadási hőmérséklet alatt sokáig is megmaradhat. Ily módon a vizet  $-20^{\circ}$ , sőt  $-30^{\circ}$  fokra is lehűthetjük anélkül, hogy a fagyás bekövetkezne. Ha azonban a folyadékot megrázzuk vagy egy morzsányi jeget dobunk bele, akkor az egész folyadék hirtelen megfagy.<sup>1</sup>

Ugyanezen elv alapján nem fagnak el télen az állatok. A jelenséget *Bachmetjev* bolgár tudós kísérletileg is igazolta. Ő ugyanis abból az ismert jelenségből indult ki, hogy ha két különböző fémet összeforrasztunk és a forrasztás helyét melegítjük vagy lehűtjük, egyszóval ha a forrasztást valami hőváltozás éri, úgy ennek következtében a vezetékben elektromos áram keletkezik. Ha pedig egy ilyen áramkörbe egy galvanométert kapcsolunk, úgy a keletkezett áram erősségéből pontosan meg lehet állapítani a hőmérsékleti változást. Az érdekes kísérlet lefolyása a következő volt. Egy igen vékony acéldrótot egy hasonló vékonyságú mangándróttal úgy forrasztott össze, hogy mindkettőnek egyik vége egy közös tűhegyet alkotott. Ezt a tűhegyet beleszúrta a kísérleti bogár testébe, amely egy olyan edényben volt, melyet vízszint egy hűtőkeveréket (só és jég) tartalmazó edénybe helyezett. A tűhegy szabad két végét vezetődróttal kapcsolta össze, ezáltal egy áramkört létesített; az áramkörbe egy galvanométert is iktatott. A kísérleti lepkét  $-20^{\circ}$ -os légkörbe tette; a hátába pedig beleszúrta a termoelektromos tűt. A lepke testhőmérséklete lassan, fokozatosan alászállt a nullpontig, sőt még ennél is jóval lejjebb, anélkül azonban, hogy a testben lévő folyadék a nullpont alatt ( $-10^{\circ}$ ) jéggé fagyott volna. A megfagyásnál mindig meleg válik szabaddá, vagyis ha a bogár megfagyása bekövetkezik, akkor a test hőmérséklete előbb hirtelen jóval melegebbé válik és csak azután következik be a lassú megmeregvedés. Ez a változás oly gyors és észrevehető, hogy a test hőmérséklete alig egy pár már alatt a  $-10^{\circ}$ -ról hirtelen felszökik a  $-1^{\circ}$ -ra. Innen a  $-1^{\circ}$ -ról a bogp. testének hőmérséklete fokozatosan és lassan süllyed, illetve süllyedhet egész a kritikus pontig, a jelen esetben a  $-10^{\circ}$ -ig. (Másoknál a  $-30^{\circ}$  is lehet.) Az ezen aluli alacsony hő már a bogár biztos halálát jelenti. Amikor még először éri el a bogár hőmérséklete a kritikus pontot, reá nézve ez még nem veszélyes. Az első kritikus pont elérése után a bogár

<sup>1</sup> Schönichen W.: Biologie und Physik. P. 62.

megmerevedhet, sőt meg is fagyhat (ez a legáltalánosabb jelenség) és ha az első hidegre meleg, napos idő következik, úgy a bogár újból feléledhet, felveheti a normális hőmérsékletet és vigan élhet tovább. Ez pedig többször is megtörténhet egymás után. Ellenben, ha ilyen felmelegedés nem következik be, ha az első kritikus pont után a hőmérséklet *másodszor* is a kritikus pont alá süllyed, úgy az állat menthetetlenül elpusztul. Ebből is látható, mily fontos ez a kritikus pont a bogarakra nézve, mely nemcsak a családok, de az egyes fajok szerint is változik. Ez függ a tápláltságtól és pedig minél soványabb volt az állat a tél beállta előtt, úgy aránylag annál jobban bírja el a fagyot, tehát a kritikus pontja is jóval lentebb van. Befolyással van még a nem is. A hímek általában jobban elbírják a nagy hideget, úgyszintén a kifejlett bogarak is. Kevesebb bírják a hernyók és még kevésbé a bábok. Ha az állat egyszer már megfagyott, a kritikus hőmérséklete annál mélyebben van és így annál ellenállóbb.

Érdekesen írja le *Bachmetjew* a fenti vonatkozásban egy citromlepke életét. Még tavasz volt — írja B. — mikor az anyja a petéit lerakta, melyekből májusban apró hernyók keltek ki. A hernyók azonnal hozzáfogtak a *bangita fa* (*Rhamnus frangula* és *R. cathartica*) leveleinek pusztításához. Június végén a hernyók bábokká alakultak át, melyekből augusztus végén szép sárga citromlepkék fejlődtek. Ezek közül való a mi kis történetünk hőse is. Ha meleg volt, lepkénk hőmérséklete is emelkedett, ha pedig hideg idő járt, úgy a teste is lehült. Ily módon lepkénkben meg volt a képesség, hogy a hőmérsékleti viszonyokhoz alkalmazkodjék, anélkül azonban, hogy ezek benne valami kárt tettek volna.

Végre beköszöntött borús napjaival és hideg éjjelleivel az ősz is. Ekkor már nem volt napsugár, mely a lepkét is felmelegítette volna, s amely erőt adott volna az ide-odaröpkedéshez. Táplálék is kevesebb került, mert a virágok java része már elvirított. Ennek következtében lepkénk *lesoványodott* s így protoplazmája sűrűbbé vált, miáltal fagyási, kritikus hőmérséklete most lejjebb szállt, mint nyáron volt a bőséges táplálkozás idején. Nemsokára jött november, majd december. A mi légi táncosunk a hóviharak elől egy fakéreg hasadékában húzódott meg. A hőmérséklet is jelentősen alábbszállott, a mi ismerősünk azonban védve volt részint, mert elbújt, részint, mert a test nedve fokozatosan és lassan jóval a rendes fagyáspont alá süllyedt, anélkül, hogy megfagyott volna. A lehülés azonban még nem érte el a kritikus pontot; a lepke, bár elaludt, de még mindig nem fagyott el.

Január elején különösen *erős hidegek* jártak. A test nedvei megmerevedtek, megfagytak, miközben a hőmérséklet hirtelen —1°-ra emelkedett fel. A felmelegedés nem tartott sokáig, mert a jégtömeg most újból hűlni kezdett. A mi sárga barátunk menten elpusztult volna, ha a belső folyadék hőmérséklete most másodszor a kritikus pont alá süllyedt volna. Ez azonban nem következett be. A következő napon *valamivel* melegebb volt s így a test hőmérséklete nem hült le egészen.

Februárban *meleg, napsugaras* napok jártak, melynek hatására a lepkénk testében *leő jég felolvadt*, sőt amikor a napon +14° volt, ő már vigan röpdösött idestova. Estefelé azonban ismét hideg lett s lepkénk most ismét egy fakéreg repedésében húzódott meg, ott pihent el és elaludt. Nemsokára a *januárinál valamivel hidegebb* idők következtek. A sárga szárnyas azonban másodszor sem fagyott meg, mert a kritikus fagyási hőmérséklete most még lejjebb szállt. Március végén lepkénk rejtekhelyét elhagyta, azonban vissza már nem tért. Áprilisban petét rakott s néhány nap mulva elhalt, azonban nem a hideg, hanem az öregségi gyengeség következtében.

De így van ez más-más olyan bogárral is, mely a hideg és meleg váltakozásaihoz alkalmazkodott. A glescer bolha pl. napokon át be lehet fagyva a jégbe, mégis a felolvadás után ismét vigan ugrálgat. A káposzta-



lepke szabadon függő bábja  $-25^{\circ}$ -t is kibír minden baj nélkül, sőt némely kerekcs féreg még a  $-60^{\circ}$ -t is.

Ez azonban csakis a változó hőmérsékletű állatoknál lehetséges, melyeknek nincs jól működő hőszabályozó készülékük, ellenben az emlősök, így az ember is, valamint a madarak elpusztulnak, ha hőmérsékletük a nulla alá száll. Az ember pl. megfagy, ha teste hőmérséklete  $22-27^{\circ}$ , a *macacus majom* ha  $14^{\circ}$ , a *házi nyúl* ha  $19^{\circ}$ , míg egy pár téli-álmot alvó emlős hőmérséklete  $1^{\circ}$  is lehet. Némely növény és mag jól bírja a hideget, míg a csirázó *bab* és *tök* már  $1^{\circ}$ -nál is elpusztul. (Ez is mutatja, hogy az utóbbi növények melegebb vidékekről származtak.)

Az eddigiekből azt is megállapíthatjuk, hogy a szervezet akkor hűl le ennyire, ha az életműködését legalább egy rövid időre beszünteti. Ellenben, ha erős az oxigénfelvétel, tehát ha a lélegzés fokozottabb, akkor a test hőmérséklete felemelkedik. A *kontyvirág* (Arum) virágzásakor a virágtölcsér és a környezet hőmérséklete között  $6-10^{\circ}$  differencia is lehet, sőt hogy ha több virágot egy kendőbe összekötünk, a hőmérséklet  $51^{\circ}$  is lehet. Ugyanígy hőfejlesztő sajátja van a *Bacterium calefactornak* is, amely a szénaboglyákban él és azt néha annyira felmelegíti, hogy a szénakazal önmagától meggyullad. (Ez a bacterium különösen a pentosét és a dextrint bontja meg.) Még a méhraj belsejében is meleg fejlődik, amint azt *Kulagin* megállapította és pedig októberben a méhraj hőmérséklete  $28^{\circ}5'$  volt, míg júniusban  $38^{\circ}5'$ , ami a környezet hőmérsékletét is jóval fölülmulja. A rovarok hőmérséklete nyugalmi állapotban rendszeren a környezet hőmérséklete, míg, ha erős mozgást végeznek, a hőmérséklet emelkedik. Így pl. a nagy *pávaszem* (Saturnia piri) hőmérséklete a  $18^{\circ}$ -os szobában erős szárnycsapkodás után  $26^{\circ}$ -ra emelkedett, míg a pihenés után  $6-8$  percre a kezdeti hőmérsékletét vette fel.

A halak is, mikor a testüket megfogják, a védekezéssel oly erős izommunkát fejtenek ki, hogy ennek következtében hőmérsékletük  $10^{\circ}$ -kal is emelkedhet a környező víz hőmérsékletéhez képest. Pl. a *Thynnus pelanus* hal hőmérséklete  $37^{\circ}2'$  is lehet, amiért a halászok e halat melegvérű halnak is nevezik. (Az emberi test hőmérséklete  $36^{\circ}5'$ .)

A hőmérsékleti ingadozásokhoz legjobban a melegvérű állatok alkalmazkodtak. Pl. a hóbagoly hőmérséklete a  $-30^{\circ}$ , sőt a  $-40^{\circ}$  hidegben is  $+40^{\circ}$ -os, ami  $70-80^{\circ}$  differenciának felel meg. Innen magyarázható az is, hogy a madarak nem alusznak téliálmot, mert testük hőszabályozása annyira tökéletes, hogy még ilyen nagy hőmérsékleti különbségeket is baj nélkül viselnek el.

Az egészből ismét csak az a fontos, hogy a hőenergia is az előbbi energiafajokhoz hasonlóan egységesen működik a Természetben. Ez sem tesz különbséget az élő és holt testrendszerek között. Meleg hiányában épen úgy megfagy a patak vize, mint megfagy az állat és növény testében a víz. Csak míg az élő testrendszerekben a hatás az erősebb koncentráció következtében lassúbb, addig a híg oldatokban — az általános fizikai törvényekből kifolyólag — ez sokkal hamarabb következik be.

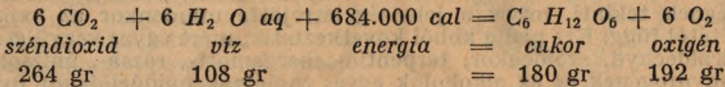
### 5. Fényenergia.

Az eddigi energiafajok anyagi részecskékhez voltak kötve. Mai ismereteink szerint ezektől eltérnek a fény- és mágneses tünemények, melyeket anyagnélküli energiáknak tekinthetünk, bár a legújabb időben a fényenergiát is anyagi részecskékhez kötve próbálják értelmezni. A fényről ma még azt tanítják, hogy összetett energia és pedig az elektromos és mágneses energiának kölcsönös váltakozásai, melyek rendkívül kicsiny tér és időközökben válto-

koznak. Innen származik a fény periódusos tulajdonsága. A fény tehát nem egy specifikus energiafaj, habár egyszerűség kedvéért mégis egynek veszik.

A fényenergia a Természet legfontosabb energiafaja. Enélkül nem is lenne élet a Földön. A zöld növényzet ezt a sugárzó energiát fogja föl és alakítja át kémiai energiává. Az így keletkezett kémiai energia nagyságát tudományos egységekben, tehát kalóriákban ki tudjuk ugyan fejezni, de hogy ez a kémiai energia mennyi fényenergiából keletkezett, erre a rendkívül fontos jelenségre a tudomány feleletet még nem adott, mert a fényenergia egyenértékét — a többi energiafajokkal teljes összhangzásban — még nem ismerjük. Összehasonlításra mesterséges egységet (Hefner-gyertya, normál-gyertya) választunk, melyeket energetikai szempontból úgy ahogy, de mégis felhasználhatunk. A fény erősségét Hefner-gyertya vagy középgyertyafényben fejezzük ki. A villamos körtékre is rávezetik, hogy az 16, 32 stb. gyertyaerősségű fénynek felel meg.

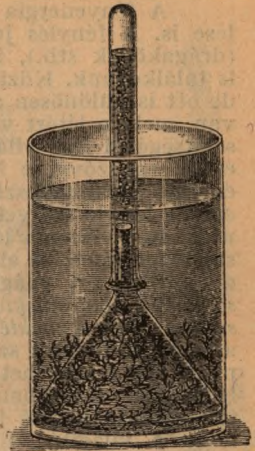
A fényenergiának különösen az asszimilációnál, a Természet eme legfontosabb folyamatánál van óriási jelentősége. E fotoszintetikus folyamatnál a fényenergia mellett igen jelentős szerepe van még a közvetítést végző zöld klorofill festőanyagnak, valamint a másik két anyagnak a széndioxidnak és a víznek. Ha energetikai szempontból csakúgy hozzávetőlegesen rögzíteni akarunk e folyamatot, akkor az ilyesféle lenne:<sup>1</sup>



Ez az egyenlet tehát azt tünteti fel, hogy itt 684.000 cal.-val egyenértékű fényenergia használtatott el. Kitűnik ebből még az is, hogy a 264 gr. széndioxidból és 108 gr. vízből csupán 180 gr. cukor keletkezett, a 192 gr. oxigén egyszerűen eltávozott. Pedig, ha az eltávozott oxigén térfogatát az elhasznált széndioxidéval hasonlítjuk össze, azt tapasztaljuk, hogy a kettő térfogata csaknem egyenlő, vagyis

$$\left( \frac{\text{CO}_2}{\text{O}} \right) \frac{\text{széndioxid}}{\text{oxigén}} = 1.00. \text{ De látjuk azt is, hogy a keletkezett cukor-}$$

molekulában 12 atom, illetve hat molekula oxigénnel van kevesebb, mint a két komponensben együttvéve, vagyis a széndioxid asszimilációja alkalmával oxigénben aránylag szegényebb vegyületek keletkeznek, aminek viszont energetikai, de főleg az élővilág szempontjából van óriási jelentősége. Mert ha pl. az a cukormolekula az én testembe kerül és ott a lélegzés alkalmával oxigénnel jut érintkezésbe, úgy azt az oxigén széndioxiddá és vízzé égeti el, de ugyanakkor 684.000 cal. meleg is keletkezik, illetve válik szabaddá. Ebből a melegeből fűtöm a testemet és ez a meleg sugárzódik ki a végtelenségbe. A Nap fényenergiája ezek szerint



8. kép. A napfény hatására a zöld növények az asszimiláláskor oxigént választanak ki. Az elszálló oxigénbuborékok a próbcső felső részében gyűlnek össze. (T. t. t. k.)

<sup>1</sup> Euler : Grundlagen und Ergebnisse der Pflanzenchemie. p. 161.

a zöld növényzetben előbb kémiai energiává alakul át és végül mint hőenergia szabadul föl és kisugárzódik.

A fényenergia egyik megnyilatkozása az élőtestrendszerek fénylése is. A fénylés jelenségével ugyanis nemcsak az ásványországban, (drágakövek stb.), hanem az állat- és növényvilág életműködéseiben is találkozunk. Közismert dolog, hogy a mély tengerek állatvilágának, de ott is különösen a halaknak és puhatestűeknek fényfejlesztőszervük van, mely a létért való küzdelmükben segítségükre szolgál. Ezen szerv segítségével lesz világos a környezetük, a zsákmányt is ezáltal veszik észre, egyszóval a Nap világosságát, fényenergiáját ott ez a kémiai energia által fejlesztett fény pótolja. A mély tengeri halak testében ezek a fénylő szervek rendszeresen egymásután sorakoznak, mint valamely utcában a villamos lámpák. De a fényfejlesztés nemcsak a tengeri halak sajátága, mert az alacsonyabb rangú állatoknál és növényeknél ez még gyakoribb. Így világítószervük van a gerinctelenek közül főleg a *tömlősöknek*, *puhatestűeknek*, *férgeknek*, *rovaroknak*, de világítanak az *egysejtűek*, így a *baktériumok* is. Ezeknél az állatoknál a fényfejlesztés az arra elkülönült szervben (mirigyekben) történik. A világító anyagok pedig alig észrevehető meleggel terjesztik a fényt, vagyis a legideálisabb fényforrás alakjában (hideg fény). Különösen japán bűvárok vizsgálták a fényfejlesztő férgek enémű tulajdonságait és azt tapasztalták, hogy a világítás alkalmával csupán teljesen elhanyagolható meleg keletkezik.

Az a kérdés, mi által jönnek létre e fényjelenségek? Teljes bizonyossággal nem tudjuk, de valószínű, hogy a kémiai energia átalakulásából keletkeznek és így a Nap fényenergiája, amely a növény és állat testében mint kémiai energia raktározódott föl, most e világításban, mint fényenergia újból megjelenik. Az enémű vizsgálatok főleg a szárazföldi állatokra terjeszkedtek ki, míg a tengeri állatok fényléséről, illetve annak okairól sokkal kevesebbet tudunk. Azonban már több olyan megfigyelés birtokában vagyunk, melyek e rendkívül fontos kérdés megoldásával kecsegtetnek. Némely bűvár egyszerűen oxidációs jelenségnek tekinti, mivel a jelenség létrejötte mindenkor az oxigén jelenlététől függ. Ezt pedig abból következtetik, mert egyes vegyületek, pl. paraldehyd, szőlőcukor, terpentín-, bergamott-, rózs-, ánizsolaj, a szénhidrogének és az alkoholok egyes tagjainak oxidációjakor ilyen *chemoluminescens* jelenségeket tapasztalhatunk. Az ilyen vegyületeket összefoglaló néven *photogéneknek* nevezzük. Közös sajátosságuk, hogy oxidálhatók; az oxidálás történhet úgy a szervezetben, mint azon kívül. Ellenben *Dubois* vizsgálatai szerint ez a világítás nem oxidációs folyamat, mert ez egy ú. n. fotogénvegyület (*luciferin*) által jön létre. A jelenség csak akkor következik be, ha egy fermentum, egy enzima (egy oxidáz?), az ú. n. *luciferase* közreműködik. *Dubois*nek sikerült mind a két vegyületet előállítani, ezt azonban más oldalról még nem erősítették meg.

Ami pedig ezen szervek fényintenzitását illeti, e tekintetben sincsenek exakt adataink. Ami kevés adattal rendelkezünk, ezek is csak hozzávetőleges értékek. Így hogy az az élő fényforrás milyen távolságról képes megvilágítani pl. a zsebóra mutatóját vagy az írást, úgy hogy azok még olvashatók legyenek stb. *Molisch* még fotografált is ilyen baktérium-kultúrákkal és megállapította, hogy a lemezen még egy mp-nyi exponálás is észrevehető. A gombák micéliumai sokkal gyengébben világítanak, úgy hogy fényüket még  $\frac{1}{4}$ -órás exponálás után sem fogja fel a fotografáló lemez. Nagyon természetes, hogy a fénylés erősségére befolyással van a hőmérséklet is.

*Dubois*<sup>1</sup> szerint a *Pyrophorus* világítószerve a mellen körülbelül 0.0067 középgyertyafényt fejleszt, míg egyes halaké 0.00012—0.0024

<sup>1</sup> *Pätter A.*: Vergleichende Physiologie. p. 485.

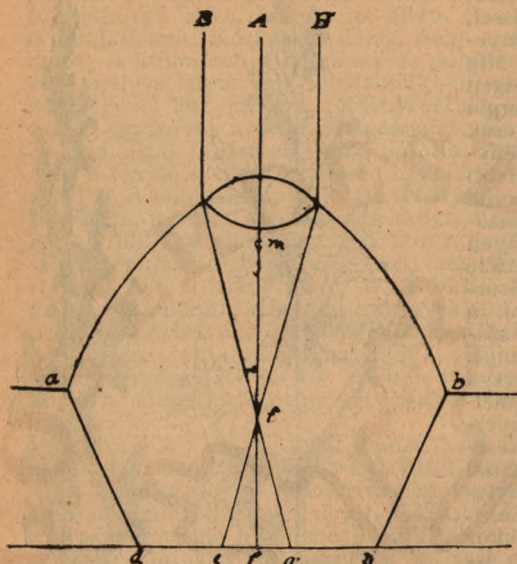
(kgy.) között ingadozik. Lode szerint, ha egy világító baktériumkultúra 1 m<sup>2</sup> területet világít meg, akkor az 0'000785 Hefner-gyertyafénynek felel meg. Ha energetikai szempontból hasonlítjuk össze a biológiai fényforrást a mesterséggel, úgy a kettő között igen lényeges különbséget találhatunk. Míg a mesterséges fényforrásnak igen tekintélyes hányada hőenergia alakjában felszabadul és csak igen csekély százaléka lesz fényenergiává, addig ezen fentebb említett hidegfénynél a kémiai energiának majdnem a száz százaléka fényenergiává alakul. (Ilyen lesz a jövő világítása!) A kétféle fény összehasonlításánál elsősorban tudnunk kell, hogy pl. a Hefner-gyertyafénynek hány százaléka alakul át meleggé és fénygé. Hogy pedig a Hefner-gyertya mekkora hőt fejleszt (a fény mellett), ezt kiszámíthatjuk a gyertyát alkotó amylacetat elégetéséből. Ha ismerjük az oxigén égési értékét, továbbá, hogy az amylacetat teljes elégéséhez hány oxigén szükségeltetik, úgy akkor azt a meleg mennyiséget is ismerjük, melyet a gyertya égése alkalmából önmagából kisugároz. A végrehajtott számításokból kitünne, hogy az ember az ő világító eszközeivel mennyi rengeteg energiát pocskékol el haszontalan meleg alakjában, mert pl. annak a villanylámpának a fénye mellett ki nem használt meleg formájában igen sok energia vész el. Tehát, amint látjuk, a Természetnek a szervezetek világító szerveiben sokkal tökéletesebb «találmánya», «szabadalma» van, mint a «teremtés koronájának» az embernek és ami a legfontosabb, hogy sokkal kevesebb energiával éri el ugyanazt a hatást, mint az ember.

Mínt hogy a fény az élőszervezetekre nézve igen fontos tényező, nem kell csodálkoznunk azon, ha ez az állandó és fontos külső inger az élő testrendszerekben is megfelelő reakciókat vált ki. Ez a fényingerhatás a leghatásosabban nyilatkozik meg az ú. n. fototropizmus jelenségében, amely alatt általában azt értjük, hogy a növény a Nap fénysugarához alkalmazkodik, részint hogy több fényt kapjon, részint hogy a túlságos erős fény ellen védekezzen. Ez utóbbi jelenséget igen jól szemléltethetjük az ú. n. kompasz növényeken, amilyen pl. a keszegsaláta is (l. 9. kép.). A fenti ingerhatásból kifolyólag a növény testén pl. számos olyan berendezést



9. kép. A keszeg-saláta (*Lactuca Scariola*) leveles szára kelet és dél felől. (T. t. t. k.)

találunk, melyeket kizárólag a fényenergia állandó ingerhatásaira kell visszavezetnünk. Ilyenek többek között a *Haberlandt* által a növényeken fölfedezett *ocellumok*, melyek valóságos fénygyűjtő és szóró lencse-rendszert alkotnak. De hiszen maga a klorofill festékanyag is kizárólag a fénysugarak absorbeálására szolgál. Az állati sejtekben is igen változatos festékanyagokkal találkozunk. Működésüket minden részletben nem ismerjük, de annyit tudunk róluk, hogy a fény- és hőenergia szabályozására szolgálnak. Ez az életjelenség különösen a vízi állatok életében fontos, mert ezeknek verejtékmirigyeik nincsenek. A fekete színű festékek hőt nyelnek el és azt transzformálják, míg a világos színek a hőt visszaverik, illetve eltávolítják. A festékanyagok a magasabbrendű szárazföldi állatoknál visszafejlődnek, mert itt a verejtékmirigyek a hőszabályozók.



10. kép. Egy növény levelének egyik felső epidermisz-sejtje, melynek csúcsán lencsealakú kis sejt, az *ocellum* foglal helyet;  $m$  a kis lencse külső felülete görbülésének a középpontja,  $a-d$  és  $b-h$  az epidermisz-sejt ferde oldalfalai,  $AB$  sugarak az  $e-f-g$  kúpot szórt fényvel világítják meg. (T. t. t. k.)

nek. Tudjuk, hogy erős napfényben az ember bőre lesül, megbarnul. Az ultra viola sugarak különösen a fehérjékre hatnak károsan, mert azokat megalvasztják. Ha a szemre állandóan erős fény hat, úgy ez szürke hályogot idéz elő. Ezért kapják meg a földművesek igen gyakran a szürke hályogot.

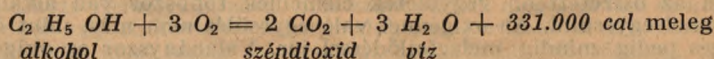
A fényenergiára vonatkozólag tehát megállapíthatjuk, hogy ez az energiafaj az ősforrása a többi energiafajoknak is. Ez a Napnak az igazi és jellegzetes energiája. Ez köttetik meg a növényi szervezetben, ez formálódik át kémiai energiává, mely azután a többi energiafajokba alakul át. Ha a dolgokat a lényegükben vizsgáljuk, úgy arra az állápontra kell jutnunk, hogy valójában a fényenergia tartja fenn a természet mechanizmusát.

## 6. Kémiai energia.

Hátra volna még az élő Természet másik igen fontos energia faja, a kémiai energia. A kémiai energia a vegyületekben van felhalmozva és a reakciók alkalmával, rendesen meleg alakjában mutatkozik. Minden kémiai testben, vegyületben — pozitív vagy negatív értelemben — kémiai energia van felhalmozva. Kémiai energiát tartalmaz a fáról leesett alma vagy pálmatermés, a búza, a bab, a húsok, a tej stb. A tápláló anyagok sem mások, mint a vegyületek komplexumai, illetve felraktározott energiakészletek. Amikor valamely élőszervezet táplálkozik, ezzel rengeteg mennyiségű kémiai energiát halmoz fel önmagában,

amely felhalmozott *kincs* teljesen értéktelen lenne az élőszervezetekre akkor, ha a bennük felhalmozott potenciális, helyzeti energia, kinetikai vagy mozgási energiává nem változna. Bennünket ez a kémiai energia is csak azért érdekel, mert tudni akarjuk, hogyan keletkezik, hogyan szabadul fel, milyen munkát végez, melyek ezen munka kísérő jelenségei, egyszerűen milyen a körforgása. Mielőtt a szerves vegyületek kémia energetikáját tárgyalnók, előbb a thermokémia alaptörvényeivel kell tisztában lennünk, mert csakis ezáltal érthetjük meg az élővilágban előforduló thermokémiai jelenségeket.

Valahányszor két vagy több elem vegyületté lesz, minden esetben hőenergia szabadul fel, illetve köttetik meg. Az előzőket *exothermás*, az utóbbiakat pedig *endothermás* vegyületeknek mondjuk. Így pl. egy molekula (18 gr.) súlyú víz keletkezésekor — amikor tehát a hidrogén az oxigénnel egyesül — mintegy 68.400 cal. meleg szabadul fel; vagy a széndioxidnak szén- és oxigénből való keletkezésekor 94.300 cal. Ez pedig azt jelenti, hogy a hidrogén- és oxigénben van bizonyos kémiai energia, amely 68.400 cal.-val *több*, mint amennyi a vízben van, azaz a reakció alkalmával a hidrogén és oxigénben levő kémiai energia kalorikus energia alakjában szabadul fel. Ellenben, ha a nitrogén- és oxigénből nitrogéndioxid keletkezik, itt kalorikus energia köttetik meg, azaz a környezetéből veszi magához a szükséges 18.870 cal. meleget. Ez utóbbi folyamatot endothermnek nevezzük. Ilyen endotherm folyamat a széndioxid asszimilációja is, amely alkalommal a Nap *fényenergiája átalakul kémiai energiává* és mint ilyen a keletkezett szerves vegyületekben felraktározódik. Mások viszont vegyületek egyesülnek egymással, ami a fentemlített lényegen nem változtat. Így pl. ha egy gr. mol. súlyú, vagyis 54 gr. alkoholt levegőn elégetünk, úgy akkor



szabadul föl. Ez a 331.000 cal. meleg azután részint mechanikai munkává alakul (izomtérfogatváltozás), részint pedig meleg alakjában kisugárzódik. Vagy amikor 1 gr. mol., illetve 1<sup>1</sup>/<sub>2</sub> gr. szőlőcukrot elégetünk, hasonló módon  $\text{CO}_2$  és  $\text{H}_2 \text{O}$  keletkezik, de ugyanekkor 673.700, illetve ennek 180-ad része 3743 cal. meleg szabadul föl. Annak a borszesznek vagy cukornak azután igazán mindegy akár egy spirítuszlámpában vagy csészében, vagy pedig magában az emberi szervezetben ég el, mert mindkét esetben ugyanannyi hő keletkezik és pedig az alkohol esetében 331.000 cal., míg a cukor elégésénél 673.700 cal. Azt pedig fentebb láttuk, hogy 1 cal. közel 42 millió ergnyi munkát jelent, így a szervezet pl. egy gr. mol. cukor (180 gr.) elégésekor

$$673.700 \times 42 \cdot 10^6 \text{ (millió)} = 282.954 \times 10^8 \text{ ergnyi}$$

munkát végezhet, vagyis

$$1 \text{ ergnyi munkának megfelel } \frac{1}{157.196 \cdot 10^6} \text{ gr. cukor,}$$

illetve a benne foglalt kémiai energia. Azonban az elégés alkalmával  $\text{CO}_2$  és  $\text{H}_2 \text{O}$  is szabaddá válik, amelyek mindegyike bizonyos mennyiségű kémiai energiát képvisel. A széndioxid = 97.600 és a víz = 68.400 cal-t jelent, úgy hogy a cukor molekulában összesen 839.700 cal. van összesűrítve, jöllehet a teljes elégéskor csupán 673.700 cal. szabadul föl. A többi továbbra is kötve maradt úgy a  $\text{CO}_2$ -ben, mint a  $\text{H}_2 \text{O}$ -ban.

Hogyan sűrűsödött össze ennyi rengeteg energia oly kis helyen, hogyan raktározódott fel, honnan jutott ez a nagy energiamennyiség a cukor molekulába? Tapasztalásból tudjuk, hogy az élőszervezetek feltétlen elpusztulnak, ha a Nap energiáját akár közvetve, akár köz-

vetlenül fel nem használják. A növényzet, de általában minden élőszervezet a Napnak köszönheti fennmaradását. Enélkül meg nem élhet, anyagot, illetve energiát nem raktározhat föl önmagában, viszont az állatország, a növényzet mint felhalmozott energiakészlet nélkül kipusztulna. A teljes harmóniát a két, illetve a három megnyilatkozási forma között a Nap fényenergiája szabályozza. A Nap fényenergiájának a megkötését a növényzet végzi. De hogy ez a megkötés hogyan történik, ezt határozottan nem tudjuk, úgy hogy e rendkívül fontos folyamat magyarázata tisztán hipotetikus. Tény azonban az, hogy ez a fontos folyamat a három energia hordozó és gyűjtő elemén fordul meg és pedig a szénen, hidrogénen és oxigénen, illetve az ezekből keletkezett két vegyületen a széndioxidon és a vízen. Tény az is, hogy a széndioxid asszimilálása egy *endothém* folyamat, vagyis ezen folyamat alkalmával a vegyületekben energia köttetik meg, amely energiamegkötés csakis a Nap fényenergiájának kémiai energiává való átalakulása által lehetséges. A szén asszimilálása tehát fotoszintézis nem pedig chemoszintézis, mint a legtöbb kémiai folyamat.

A szén asszimilálásának első látható terménye egy szénhidrát. A *szénhidrátok* az összes szerves vegyületeknek, tehát úgy a *zsiroknak*, mint a *fehértéknek* is a kiindulási alapja. Ezen vegyületekkel együtt rengeteg energia halmozódik föl a növény testében, amelynek egy részéből életműködéseit végzi, más részét pedig teste gyarapítására fordítva elraktározza, nem törődve természetesen azzal, hogy a testében felhalmozott energiakészlet egykor az állatország felépítésére szolgál. Az állatország a vegyületekben összesűrített energiát készen kapja, és pedig minél összetettebb vegyületeket vett magához, annál kevesebb energia van abban felhalmozva. Ez a paradoxon csak látszólagos, mert hiszen az összetettebb vegyületek elemeinek többször van alkalmuk oxigénnel egyesülni. Az oxigénnel való egyesülés nem más, mint égés, az égés pedig mindig melegfejlődéssel jár. Valahányszor az oxigén a vegyületeket megtámadja, tehát az élőszervezetben a lélekzés alkalmával, vagy amikor azokat a víz hidrolizálja, mindannyiszor kalorikus energia szabadul föl. Ez az energia azután részint a test hőmérsékletének szabályozására, részint pedig mechanikai munka végzésére fordítatik. A kémiai energia azonban nemcsak mechanikai munkává alakulhat, hanem mint a tapasztalás mutatja, előbb villamos energiává s csak azután meleggé. Amikor tehát a villamos hal táplálkozik, kémiai energiát halmoz fel önmagában. Ennek egy részéből villamos szerve segítségével potenciális különbséget létesít, majd ezt villamos energiává változtatja át, míg a másik részéből az életfunkcióit végzi, illetve a mellékterményként kapott meleg egy részét kisugározza.

Minden életfunkció energia elhasználással jár. Energia használatik el akkor is, amikor pl. az ember szemhéját megmozdítja, vagy amikor a szúnyog akár egy cm-nyi távolságra repül. Mindkét esetben igen kevés energia használtatott el.

Tegyük föl, hogy az ilyen munka csupán egy ergnyi volt; de ha ezt a munkát a cukorban levő kalorikus energiával akarjuk összehasonlí-

tani, úgy ez körülbelül  $\frac{1}{157196 \cdot 10^6}$  g cukor teljes elégésekor kelet-

kező kalorikus energiának felel meg. Vagy amikor a villamos hal villamos szervének egy-egy kisülésekor  $335 \cdot 10^6$  ergnyi munkát végzett, úgy ezen munka elvégzéséhez  $335/42$ , vagyis 8 cal.-nak megfelelő cukrot kellett neki szervezetében teljesen elégtennie. De így van ez embernél is. Én a táplálékkal kémiai energiát halmozok fel önmagamban. A lélekzésnél a kötött energia egy része felszabadul; ebből a felszabadult energiából járok, beszélek, sőt gondolkozom is, tehát mechanikai munkát végzek, míg a másik része a meleg, a testem hőszabályozására fordítatik. Ez az átalakulás pl. az izmokban valószínűleg úgy következik

be, hogy a kémiai átalakulások közvetlenül vagy közvetve felületi energiát vagy térfogatenergiát létesítenek, amelyek már munka végzésére alkalmasak. Ugyanis minden kémiai folyamatnál koncentrációs változások keletkeznek, vagyis a kémiai energiának térfogatenergiává való átalakulása, illetve ennek a megfordítottja folytonosan kiegészíti egymást.<sup>1</sup> Az egészről a lényeg az, hogy a Nap sugárzó energiájának egy része az én izommunkámban ismét megnyilvánulhat, míg egy másik része a testemről sugárzó meleg alakjában a környezetembe távozik el. De ugyancsak a Nap energiája halmozódott föl a fán csüngő almában, pálmatermesben, ágban, sőt a parányi kankalin parányibb magjában vagy akár egy mohocska spórájában is, melyet, ha valamely állat megeszik, úgy a táplálékkal felvett kémiai energiát mechanikai munkává, illetőleg meleggé alakítja át. A pálmatermesben felhalmozott kémiai energia esetleg egy ott élő majom ugrámozásaiban fog megnyilvánulni, a kis kankalin magjában levő energia pl. egy maggyűjtőhangya harapásában fog ismét előtűnni, míg az almában levő energia az én járásomban vagy gondolkozásomban fog új formát ölteni. És ez így megy szakadatlan a nagy Természetben. A növényország fölfogja a Nap fényenergiáját és kémiai energiává alakítja, míg az állatország ebből az összesűrített energiakészletből tartja fenn az életét. És ebben a nagy körforgalomban — amint láttuk — az energiának csupán az alakja változik meg, a mennyiségéből azonban egy szemernyi sem vész el; vagyis a Természet mindhárom megnyilatkozási formájában, tehát az ásvány-, állat- és növényvilágban abszolúte azonos energiafajok működnek. De hiszen ez természetes is. A széndioxidre és a vízre egyformán érvényesek a fizikai és kémiai törvények úgy a «szervezetben», mint a «szervezeten kívül». Amikor tehát a «szervetlen» testek, a szervezet alkotó elemeivé lesznek, nem szabadulnak meg a fizikai és kémiai törvények szigorú követelménye alól, nem kerülnek az ú. n. *vis vitalis* hatalma alá, mert hiszen az élet fizikai és kémiai jelenségeinek csakis fizikai vagy kémiai erők lehetnek az okai. Még elképzelni is igen nehéz azt a feltevést, hogy az a megkötött energia, amely, ha mint táplálék a szervezetbe kerül, «az élet kapuján» elhagyja azt az anyagot, amelyhez eddig hozzátapadt. Ha a szervetlen vegyületekre érvényes az a törvény, hogy t. i. ezeket a mechanikai tényezőket szabályozzák, úgy ebből szűk-ségképen az is következik, hogy a belőlük felépült élő szervezeteket is ugyanaz a fizikai és kémiai tényezők irányítják, mint az alkotó elemeket.

### 7. A különböző energiafajok egymásba való átalakulása.

Ha már most a különböző energiafajokról mondottakat egységes szempontok szerint próbáljuk csoportosítani, úgy a következő eredményre jutunk. A Természetben számos energiafaj van, amelyek egymásba kölcsönösen átalakulhatnak. Ez az átalakulás bekövetkezhet úgy az élő, mint a holt testrendszerben. A mozgási energiából vele egyenértékű hőenergia, a kémiai energiából hő és villamos energia, a villamos energiából hőenergia, a fényenergiából előbb kémiai, majd hőenergia lesz, anélkül azonban, hogy az energia mennyiségéből egy szemernyi is veszendőbe menne, vagy megsemmisülne. Láthattuk azt is, hogy a különböző energiafajok végül is hővé alakulnak át a legkönnyebben, amit azonban — megfordítva, a melegebből nem igen állíthatunk. A Természetben ezek szerint egy olyan irányzatot, olyan általános törekvést tapasztalhatunk, amely az összes energiafajokat hővé iparkodik átalakítani. De tapasztalhatjuk még azt is, hogy a Természetben minden a kiegyenlítődére, a nivellálódásra törekszik, a magasabb fokú állapotok alacsonyabb, de egyenlő nivóuakká lesznek. A zápor kösziklékat dönt le a mélységbe, miáltal a hegyeket koptatja; az elektromos áram is a poten-

<sup>1</sup> Pütter i. m. p. 441.



ciálkülönbségek kiegyenlítődésein alapszik. A hideg és meleg víz a keveredések egyenletesen langyossá lesz, vagyis *a kis térre összesűrített meleg ezáltal nagyobb térre terjed ki*. Ilyenre azt mondjuk, hogy a hőenergia szétszóródik.

Amikor azonban a zápor a magasból lezuhan és ezen munkája révén sziklákat dönt le, ugyanakkor a Nap melege fölemeli a párákat, a tűzhányó sziklákat hány föl a föld mélyéből, egyszerűen a lefelé irányuló törekvéssel szemben egy fölfelé irányuló törekvés is észlelhető. Csakhogy míg a zápor és a sziklák lezuhanása szinte önkénytelen, talán természetesebb folyamat, mert az esés inkább a testek természetéhez tartozik, addig a vízpárák fölemeléséhez a Nap hőenergiája, a sziklák feldobásához pedig a Föld hőenergiája szükségeltetik. Vagyis, míg a zápor, a sziklák, termések és magvak lehullása az *anyag természetéből* kifolyólag történik, tehát a Földön inkább természetes folyamat, addig a fölemelés és a feldobás mindig kényszerített. Mert míg az esés mechanice, önmagától az anyag természetéből következik be, addig a felhajtásnál mindig van valami kísérő jelenség, egy kompenzáció. Amikor én pl. a Gellért-hegy tetejére felmegyek, akkor én a testem mozgási energiáját helyzetivé alakítom át. Azonban testem helyzeti energiája ott fent nem teljesen egyenértékű a befektetett mozgási energiával, mert amíg én a Gellért-hegy tetejére magamat felemeltem, közben megizzadtam, tehát a mozgási energiámnak egy része hőenergia alakjában távozott el, azaz kisugárzódott. A végzett munka ezek szerint nem áll arányban a reáfordított erővel. És így vagyunk a Természetben minden jelenséggel, minden munkánkkal. Minden mozgás, tehát surlódás mellett ott van egy kis meleg, amely mint hasznavehetetlen energia a mindenségbe szétszóródik. Még a legfinomabb, alig surlódó gépek is hasznavehetetlen meleget termelnek. *De nemcsak a gépek, hanem az állatok, növények életműködései, lélegzése, a termések, levelek lehullása, fák kidőlése stb. stb. mind-mind hasznavehetetlen meleget sugároznak szét a mindenségbe és járulnak hozzá a teljes kiegyenlítődéshöz. És épen ez a sok parányi elsugárzott meleg lesz a világ végzete, mert ez a rengeteg szemernyi hőenergia mind egy-egy homokszem a teljes nivellálódáshoz, ez is segíti siettetni a teljes kiegyenlítődést.* Már pedig minél inkább kisebbedik a különbség a különböző energiaforrások között, annál kevésbbé tud majd az a meleg munkát kifejtetni. A hőenergia összmenyisége akkor is meg lesz, csak-hogy aktív munkára tehetetlen. Ezt az elvet a tudományban *entropiának* nevezzük, amely alatt azt értjük, hogy az energia látható aktív munkát, ú. n. *ektropiát* nem végez. Ma még bőségesen van ektropia, mert a Természetnek még óriási aktív energiakészlete, ektropiája van, de ez idővel az entropia javára állandóan fogyni fog. A kettő összmenyisége azonban állandó marad akkor is, mert ez örökre adva van és a mennyisége is meghatározott. Mivel pedig minden változással energia elszóródás is jár, így a mindenség energiájának munkakészsége folyton csökken. A Természet összes jelenségei között az a tendencia, hogy az összes energiafajok meleggé alakuljanak át. Az elektromos áram *hőt* fejleszt, a hanghullámok csomóiban *hő* keletkezik, az eső testek (alma, levél stb.) *hőt* termelnek, a kémiai energia *hő* alakjában is megnyilatkozik, egyszerűen minden energiafaj *végző stádiumban a hőenergiába alakul át a legszívesebben és a legkönnyebben.* Ez a tétel azonban megfordítva nem áll. Ha tehát ez az egyirányú átalakulás folytonos, akkor a teljes hőkiegyenlítődéshöz egyszer el kell következni. Igaza lesz Herakleitosznak, hogy a világ hosszú idő múlva kialszik. Mert az entropia nöttével mindinkább csökken a mozgás, az égitestek körfutása meglassódik, a száguldó vasparipák ereje hanyatlóban lesz. Az élet is haldokolni fog, mert az élet főleg mozgás. Elnémulnak a hangszerek örömhangjai, mert nem lesz mozgatás s a nagy városok vásári nyüzsgése kihál. Mert lesz ugyan energia, de nem fog érní semmit . . .

Ha az entropia mindinkább a maximum felé törekszik, bizonyos,

hogy volt valaha minimuma is ; akkor még friss erőben volt a világ és erői tomboltak. Azonban múlik az idő, nyomát még a világ is megérzi ; s így a világ is öregszik s halad a végegyengülés felé. (Görög Z.: Az entropia elve. Szfehervári főreális. ért. 1910/11.)

### III. Az anyag körforgalma.

Az energiafajok körforgalma után vizsgáljuk meg az anyag körforgalmát. Hogy ebben is gyönyörködhesünk, ezért először is az építőköveket, valamint azok egymáshoz való viszonyát kell megismernünk, vagyis meg kell figyelni, hogy ez a csodálatosan változatos Természet ezekből az egyszerű építőkövekből hogyan építi föl önmagát. Egy házról is csak akkor van igazán tiszta képe és fogalma az építésznek, vagy akár magunknak is, ha nemcsak a ház alakját, formáját szemléljük és a tetszetős architektúrát bámuljuk, hanem ha bemegyünk az épületbe és személyesen győződünk meg annak belső berendezéseiről, építőanyagáról. Megvizsgáljuk, hogy vajjon kőből, téglából, vályogból vagy fából épült-e fala, van-e a falak között erős, összekötő vasszerkezet, új vagy régi téglából, agyagból épült-e fel, mivel van fedve stb. stb.

Egy ház sem örökéletű. Mindenik kopik, rozoga lesz, végül is vagy összedől, vagy lerombolják. A jó építész azonban a régi épület anyagait újból felhasználja. A régi téglából új falakat, oszlopokat emel, melyeknek mérete, formája merőben különbözhet a régebbiekétől. Lehet, hogy a régi épület alapját képező téglák egyike most az új épület második emeletének egyik ablaka mellett húzódik meg, vagy pedig a régi lépcsőzet egyik tégláját most kövezésre használták fel stb. A jó építész tehát minden használható anyagot felhasznál és mindegyiket úgy illeszti a megfelelő helyre, hogy észre sem vesszük, melyek voltak a régebbi épület alkotórészei, vagyis az építész többször is meg tudja változtatni az épület alakját, bár az építőanyag mindig ugyanaz marad. Épen így van ez a Természetben is. Itt is vannak építőkövek ; ezekből épül föl az ásvány-, állat- és növényvilág, ezekből épül föl egy-egy virág, vagy formálódik maga az ember is. A Természet eme építőköveit mi *elemeknek*, vagy ezek nagyobb csoportjait *vegyületeknek* nevezzük. Az eddig ismert elemek száma meghaladja a 85-öt, melyek közül a Természet egyetemes körforgásában nem mindenik egyenlő fontosságú. Bennünket a továbbiakban főleg azok érdekelnek, melyek különösen a *szerves élet* felépítésében, tehát az *élőlények* körforgásában vesznek részt. Ezeket szerves elemeknek is nevezzük ; ezek : a *hidrogén, oxigén, szén, nitrogén, foszfor, kén, kálium, kalcium, magnézium és vas*. A fenti tíz elem, mint építőkö a élőszervezet felépítéséhez feltétlenül szükséges, míg a *klór, silícium és a nátrium* csak járulékos elem. A fenti elemek egyszer az ásványországban alkotnak vegyületeket, máskor a növény testét építik föl, avagy pedig az állati testet formálják meg.

A következőkben épen arról lesz szó, hogy a szerves elemek külön-külön milyen körforgást végeznek a Természetben, azután az egyetemes anyagforgalmat próbáljuk úgy szemléltetni, hogy abból az tűnjék ki, milyen kapcsolatok vannak az elemek között, hogy e kapcsolatokból hogyan épül föl a növény és az állat teste és végezetül hogyan alakulnak azok vissza az ásványország alkotóelemeivé, vagyis meg fogjuk ismerni a Természet anyagának életét. Legelőbb a három legfontosabb energiahordozó elem, nevezetesen a *hidrogén, oxigén és a szén* körforgását vizsgáljuk meg. E három elem körforgása — amint alább látni fogjuk — teljesen független a többi nem fémes és az összes fémes elemek körforgásától. A másik három nem fémes elem, nevezetesen a *nitrogén, foszfor és kén* körforgása már szorosan összefügg a fémekével, amennyiben ezek a tápláló sók képzésében, tehát a nitrátok, szulfátok és foszfátok megalkotásában mindig résztvesznek. Így a foszfát

( $\text{PO}_4$ ) ion körforgásában részt vesz a kalcium, vas és a magnézium, a szulfátokban a nátrium, kalcium, magnézium, a nitrátokban a kálium, nátrium stb. Minden elem körforgása után egy vázlat világosan mutatja az elem útját az egyetemes körforgalomban. A vázlatban a nyílhegy mindig azt jelenti, hogy az illető elem az egyik testrendszerből hogyan jut a másikba.

### 1. A hidrogén körforgása.

Energetikai szempontból a hidrogén ( $H$ ) — szabad állapotban — nem nagyfontosságú. Gázállapotban különben is alig fordul elő (vulkángázok, vajsavas erjedés stb.). Sokkal nagyobb jelentőségű az oxigénnel való vegyülete, tehát mint víz, mely kémiaiilag nem más, mint a hidrogén égési terméke. A képződési hője is elég magas (58.752 cal.). A keletkezett vízgőz hőmérséklete Bunsen szerint közel 2900°, amiből az is következik, hogy a víz ezen hőfok körül endothermás módon összetevőire disszociál, vagyis a vízből akkor lesz ismét szabad hidrogén és oxigén, ha közel 2900°-nyi hőmérsékletet közlünk vele. Ez pedig a szabad Természeten nem általános jelenség.

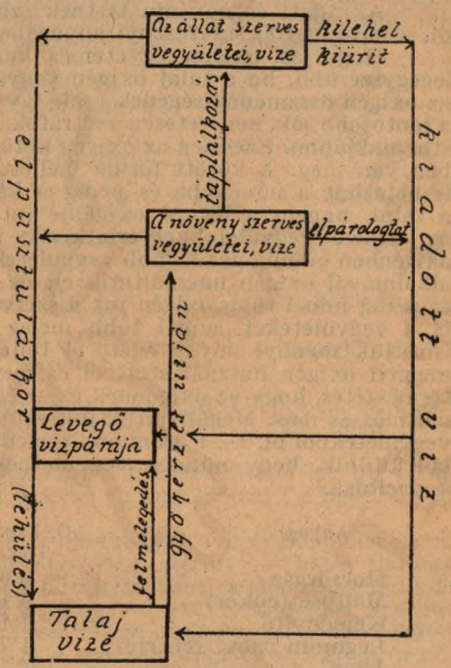
A hidrogén főleg mint víz vesz részt az egyetemes anyagforgalomban és mint ilyen rendkívül fontos szerepet tölt be. Ez a Természet oldószere, ez oldja fel a különböző sókat, ez ionizálja a különböző vegyületeket, ez idéz elő potenciál különbségeket az ionok között, ez viszi át a vegyületeket az egyik rendszerből a másikba. A vegyületek hasadása rendszeren a víz molekula belépésének hatására történik (hydrolyzis), amely alkalommal jelentős mennyiségű energia szabadul föl. Hydrolyzisz alkalmával hasadnak a fehérjék aminosavakra, esetleg szénhidrátokra, a zsírok zsírsavakra és glicerinre, a polysacharidok monosacharidokra, az aminosavak közönségesebb savakra és ammóniákra, a húgyanyag széndioxidra és ammóniákra stb. Amikor tehát a hidrogén körforgásáról beszélünk, akkor egész nyugodtan a víz körforgását is érthetjük alatta. A víznek pedig és így a hidrogénnek is hármas körforgása van. (L. a vázlatot.) Az első az ásványország vízének a körforgása, amely teljesen független úgy az állat-, mint a növényországtól. Ebben a körforgásában tisztára *fizikai erők* szerepelnek. A talaj vize (tengerek, tavak, patakok stb.) a Nap hőenergiája folytán a folyékony halmazállapotból a légnemű állapotba és mint ilyen a magasabb, hidegebb légkörbe jut. Ott lehül és mint eső, hó, dér stb. alakjában ismét leesik a földre és végezetül a tengerbe kerül. Vagyis a folyékony vizet a Nap hőenergiája a magasba felemeli, ezáltal helyzeti energiát helyez belé, mely az eső alkalmával mozgási energiává alakul át. Ezt a mozgási energiát használjuk fel a vízeséseknél, illetve változtatjuk át villamos-, hő- vagy fényenergiává.

És ebbe a folytonos és tökéletes körforgásba *semmiféle élőszervezet nem avatkozik bele, ez független az élővilágtól, itt kizárólag fizikai erők működnek.* Az egész folyamat a különböző erőközpontok kiegyenlítődésein, a legtisztább mechanizmuson alapszik. A víznek ez a szerves körforgása a Föld kialakulásának történetében igen jelentős szerepet játszott, amint azt a híres Kant-Laplace elméletéből ismerjük. A Föld legősibb korszakában, amikor a felszínén szerves élet még nem lehetett, a víz csupán ezt a «szervetlen» körforgást végezte. Minthogy a fellevelek szerint a víz a legősibb vegyület, így a víznek már a szerves vegyületek keletkezése előtt meg kellett lenni, mert hiszen élőszervezetek víz nélkül el sem képzelhetők. Az élet csak akkor állandósulhatott a Föld felszínén, amikor a víz már folyékony halmazállapotban is megmaradhatott. De viszont megszűnnék az élet akkor is, ha hőmérséklete 0° alá süllyedne. «Az élet csak egy esemény a földgömb termikus fejlődésének történetében.»<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Dantec: A biológiai filozófia elemei. P. 25.

A víznek a növényvilágba való bekapcsolódása már egy későbbi jelenség és még későbbi az állatország vízének a körforgása, amely már a másik két országon, nevezetesen a növény- és állatországban is átmegegy. Azonban úgy a növény-, mint az állatország vízének körforgásában már bizonyos mikroorganizmusok is szerepelnek, melyek a szerves vegyületek bomlásában igen fontos működést fejtenek ki, amikor a vizet, mint alkotó elemet felszabadítják. Az ásványország vízének körforgásába közvetlenül a növényország vize kapcsolódik. A talaj vize a növényzet gyökere által felszívódik, egyik része elpárolog, míg a másik része a szerves vegyületek képződésében vesz részt. A szerves vegyületek (szénhidrátok, zsírok, fehérjék) egy része felbomlik és így a víz is, mint a bontó anyagforgalom végső terméke ismét szabadabbá válik és részint a levegőbe, részint a talajba kerül. E folyamatból az is megállapítható, hogy a növényország az állatországtól teljesen független zárt egység, melynek önálló anyagforgalma van, melybe csupán az ásványország kapcsolódik.

A növényzet szerves vegyületeinek másik része az állatország táplálékául szolgál. Ebből építi föl az állat önmagát és dolgozik a vegyületekben felhalmozódott kémiai energiából. Az állat az anyagcsere alkalmával a víz nagy részét mint végterméket kieleheli, vagy a húgyanyaggal együtt kiüríti, míg a másik része az állati test bomlása-akor újból szabadabbá válik és ismét visszajut ősi keletkezési helyére a levegőbe, illetve a talajba. Tehát az állatország hidrogénjének, illetve vízének a teljes körforgásába a másik két ország szükségképpen kapcsolódik bele, ami világosan mutatja, hogy az állatország nagyon is függ a másik két országtól, a növényország pedig csak az ásványországtól, amiből logikusan az következik, hogy az ásványország vize nélkül a szerves világ okvetlenül elpusztulna.



11. kép. A hidrogén (víz) körforgása.

A hidrogénnek, illetve a víznek egyetemes körforgását vázlatosan a 11. kép szemlélteti.

### 2. Az oxigén körforgása.

Energetikai szempontból, az egyetemes Természet üzemében az oxigén a legfontosabb. Enélkül a Természet gépezetének örökös mozgása el sem képzelhető. Ha ez hiányozna, a világgépezet megakadna, amint nem működik a gőzgép, ha hajtóereje nincs. Ez az elem az, mely, ha a különböző szerves vegyületekkel érintkezik, azokat elégeti, miáltal annyi meleg szabadul föl, amennyi a szervezetenek fenntartásához szükségeltetik.

Az oxigén egyik igen fontos vegyületének, a víznek körforgását az előzőkből ismerjük. Az alábbiakban főleg azt vizsgáljuk, hogy a

szabad oxigén, mint elem milyen energetikai hatásokat végez a Természet üzemében és milyen szerepe van az egyetemes anyagforgalomban. Minthogy az oxigénnek valamely vegyület molekulájába való belépése kalorikus, tehát hőenergiát eredményez, úgy ezen oxidálási folyamatokat a kémiai energia tárgyalásakor is meg kellett volna említenünk. Ha azonban az oxigén *anyagát* tekintjük, úgy célszerűbbnek mutatkozik itt a többi szerves elem körforgásainál tárgyalni. Speciális sajátosságaira való tekintettel, a többi elem körforgásától eltérőleg, főleg azon hatásokat fogjuk vizsgálni, melyek energetikai szempontból érdekesekek.

Az oxigén a Természetben a legelterjedtebb elem. A levegőnek 21%-a (a vízben elnyelt levegőnek 34%-a), míg a talaj kőzeteinek — *Bruhns* számításai szerint — 47'29%-a oxigén, tehát a földkéreg anyagának majdnem a fele.

Az állati és növényi testnek szintén lényeges alkotórésze, mert pl. a növény 100 súlyrésznyi anyagában mintegy 42% az oxigén.

Hogy az oxigén egyetemes körforgását nyomon követhessük, legegyszerűbb, ha a talaj oxigén vegyületeiből indulunk ki. A talajból az oxigén összmenyiségének csak egy része kerül a növénybe és pedig a fontosabb sók, nevezetesen a nitrátok, szulfátok, foszfátok, karbonátok stb. alakjában. Ezekben az oxigén kötött formában, tehát a vegyületekben van meg. A kötött forma mellett az oxigén molekuláris alakban is bejuthat a növénybe és pedig a *lélekzés* alkalmával. Ilyenkor nem a talaj, hanem a levegő oxigénje jut a szervezetbe. Amint azonban az otlévő vegyületekkel érintkezik, azokat mindjárt elégeti, illetve oxigénben mindig gazdagabb vegyületekké alakítja át. Az ilyen oxidálás alkalmával oxigén használtatik el, de ugyanakkor meleg is keletkezik és pedig minél több oxigén jut a szervezetbe, tehát minél jobban égeti el a vegyületeket, annál több meleg szabadul föl. Ezek szerint, ha ismerjük mennyi anyag égett el teljesen, úgy ezzel ismerjük azt is, mennyi oxigén használtatott el és mennyi meleg keletkezett. Nagyon természetes, hogy az oxigénnek ez az égési értéke a különböző anyagoknál más és más. Megállapíthatjuk ezt abból is, ha a különböző szerves vegyületekből pl. 1—1 grammnyit égetünk el. Az alábbi kis összeállításból kitűnik, hogy minden vegyületnek más és más az ú. n. oxigénkapacitása.<sup>1</sup>

Anyag	O. kapacitás 1 gr.-ra	Égési meleg 1 gr.-ra	Az o. égési értéke
Mocsárgáz ... ..	4'00	13'20	3'30
Maltose (cukor) ... ..	1'123	3'949	3'52
Keményítő ... ..	1'185	4'183	3'53
Legumin (növényi fehérje) ...	1'760	5'793	3'29
Izom ... ..	1'740	5'721	3'28
Zsír ... ..	2'884	9'5	3'29
Alkohol... ..	2'08	7'1	3'4

Amint látható, legtöbb meleg szabadul föl a mocsárgáz elégésekor és pedig azért, mert nincs benne oxigén; a szén és hidrogén elégése pedig igen jelentős mennyiségű energiát szolgáltat. A tápanyagok közül első helyen van a zsír, mert 1 g elégésekor 9500 cal. meleg szabadul föl, ami világosan mutatja azt, hogy a zsírok inkább melegfejlesztő táplálékok. Az alkohol is tekintélyes hőmennyiséget, 7100 cal.-t szolgáltat, amit arra vezethetünk vissza, mert aránylag sok benne a hidrogén és kevés az oxigén.

Minden szerves vegyület elégéséhez bizonyos mennyiségű oxigén szükségeltetik. Így pl. az alábbi táblázatból az tűnik ki, hogy ha egy

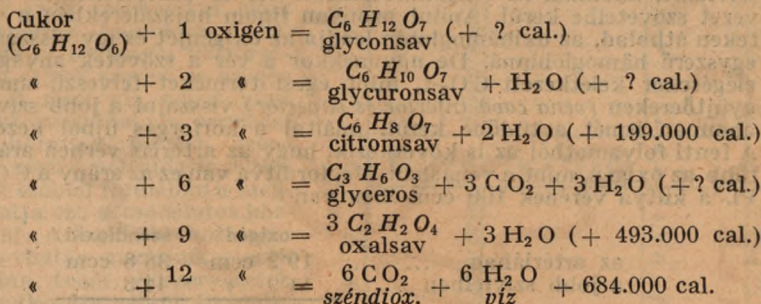
<sup>1</sup> Pütter: i. m. p. 58.

75 kg-os ember 1 nap alatt ennyi és ennyi fehérjét, zsírt és szénhidrátot használ el, akkor ennek elégetésére bizonyos mennyiségű oxigén szükséges.

	g	cal.	g oxigén
Fehérje ... ..	100	420.000	126
Zsír ... ..	70	644.000	201
Szénhidrát ... ..	600	2,520.000	738
	770	3,584.000	1065 g

vagyis az ember 1 nap alatt több mint 1 kg. oxigént használ fel, mely ha a szervezetben a fenti tápláló anyagokat elégeti, 3,584.000 cal. meleg szabadul föl. És ez az oxidálás nemcsak az állati, de a növényi testben is megvan.

Minél jobban, minél mélyrehatóbban támadja meg az oxigén a szerves vegyületeket, annál több energia, tehát meleg szabadul föl. Igen jól szemlélhető ez a cukor molekula fokozatos elégetésénél.<sup>1</sup>



Ha elegendő (12 súlyrész) oxigén van, akkor 684.000 cal. szabadul föl, míg ha kevés (3 oxigén), akkor mintegy 199.000 cal., tehát jóval kevesebb.

Az oxigén oxidáló képessége függ a hőmérséklettől is; pl. a rák 1 óra alatt 18° mellett 1 mgr O-t használ el, míg 23°-nál 1'9 mg-t, 4°-nál pedig 0'2 mgt.

A molekuláris oxigén a lélekzés alkalmával — helyesebben a gázok diffúziójának mechanikus törvényszerűsége szerint — hatol be úgy a növény, mint az állat testébe. A növénybe főleg a lélekző nyílásokon át, az állatba pedig a különböző légzőszervek (tüdő, kopolytú, trachea stb.) útján jut be és pedig annál több, minél nagyobb a felvevő felület. Nagyon természetes, a felvétel függ a sejt minőségétől is. Így pl. a növény száraz anyagának 1 g-ja 24 óra alatt elhasznál:

Növény	Gyökér hossza mm.	O <sub>2</sub> ccm.	Hőmérs.
(Búza) <i>Triticum sativum</i> ...	15	68	15'3—17'7
« « «	35	83	16'4—18'3
(Rizs) <i>Oryza sativa</i> ... ..	15	44	14'1—17'1
« « «	27	55	16'7—18'1

A csirázó magvak és virágok még ennél is jobban lélekzenek, tehát aránylag több oxigént használnak el és így több meleget is fejlesztenek (l. 24. l.), pl. a csirázó *Lepidium sativum* hasonló körülmények között 48 ccm, a *Valeriana olitoria* pedig 125 ccm oxigént használnak föl.<sup>2</sup> Az ember

<sup>1</sup> Pütter: p. 145.

<sup>2</sup> Euler H.: Grundlagen und Ergebnisse der Pflanzenchemie. II. P. 164.

tüdeje ötvenszer könnyebben veszi fel az oxigént, mint a bőre. A 4 dgr-os béka tüdőfelülete 98 cm<sup>2</sup>, míg a bőrfelülete 135 cm<sup>2</sup>, amiből az is következik, hogy a béka az éltető oxigén legnagyobb részét a bőrén át veszi fel, vagyis inkább bőrlélegzése van. Ennek megfelelőleg a keletkezett CO<sub>2</sub> is főleg a bőrön át távozik el. Míg az ember pl. 1 óra alatt tüdejének 1 m<sup>2</sup>-nyi felületén 250 mg oxigént vesz fel, addig a bőrön át csak 70 gr-t. Az embernél az oxigén a tüdőhólyagocskákon át a diffúzió törvénye szerint jut a szervezetbe. A tüdőhólyagocskák falát finom véresek hálózzák be. Az oxigén egyszerűen átdiffundál a véresek falán és így bejut a véresekbe, illetve a vérésejtekbe. Az embernek körülbelül 5 liter vére van. Az 5 liter vérben körülbelül 25 billió piros vérést, amelynek az összes felülete körülbelül 3250 m<sup>2</sup>, vagyis az ember minden percben egy olyan hatalmas négyzet alakú tálcán kapja az éltető oxigént, amelynek egyik oldala körülbelül 57 m. Ez a felvétel pedig úgy történik, hogy a vérben levő hámoglobint a bejutott oxigént felveszi és átalakul oxihämoglobinná. Az oxihämoglobin a *vena pulmonalis*on át bejut a bal szívfélbe, ahonnan az oxigénnel telített vér az osztóereken át a szervezet szöveiteibe kerül. Amint azonban finom hajszálerekben a szöveteken áthalad, az oxihämoglobin leadja az oxigénjét és így visszaalakul egyszerű hämoglobinná. De ugyanekkor a vér a szövetek anyagának elégetésekor keletkezett CO<sub>2</sub>-t, mint égési terméket felveszi, amely a gyűjtőereken (*vena cava inferior és superior*) visszajut a jobb szívfélbe, ahonnan ismét a tüdőbe kerül, miáltal a körforgás újból kezdődik. A fenti folyamatból az is következik, hogy az arteriás vérben aránylag több az oxigén, mint a vénásban. Megfordítva van ez az arány a CO<sub>2</sub>-nél. Pl. a kutya vérének 100 ccm-ében van

	oxigén	széndioxid
az artériában ... ..	19'2 ccm	38'8 ccm
a jobb szívfélben ...	11'9 «	44'3 «
	— 7'3 ccm	+ 5'5 ccm,

míg az Octopusnál (tengeri nyolckarú polip)

artériában ... ..	4'69 ccm	3'94 ccm
vénában ... ..	0'40 «	6'56 «
	— 4'24 ccm	+ 2'62 ccm.

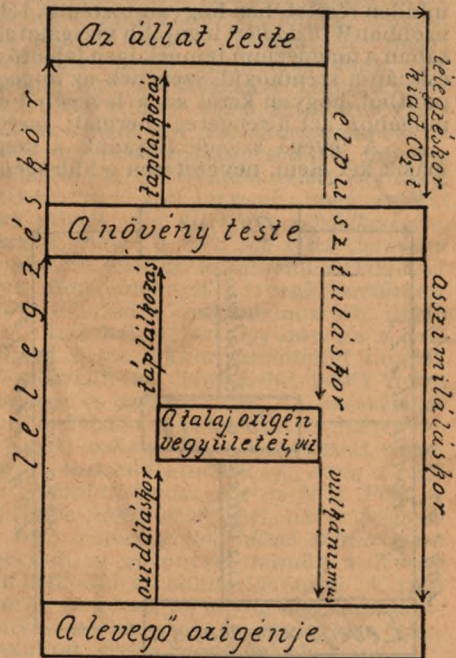
Ez utóbbi esetben a felvett oxigén kihasználása igen tökéletes, mert amint a fenti számok igazolják, a vénás vérben az arteriás vér oxigén tartalmának körülbelül már csak az egytizedes részét van meg, a többit a szervezet kötötte meg, illetve a szövetek elégetésére használtatott el. A kutya vénás vérében pedig a felvett oxigénnek a fele van még meg.

Tehát, amint látjuk, a lélekzések alkalmával az oxigén úgy a növény, mint az állat testét oxidálja, azok szerves vegyületeit elégeti, amely alkalommal meleg szabadul föl és CO<sub>2</sub> és H<sub>2</sub>O távozik el. A lélekzések ezek szerint a szervezet tekintélyes mennyiségű energiához jut. Az oxigén a szervezet vegyületei közé férkőzik és azokat mintegy szétrobbantja, miáltal az összetettebbekből egyszerűbbek, de ugyanekkor oxigénben mindig gazdagabb vegyületek keletkeznek. Az oxidációs folyamatnak, de egyszersmind az anyagforgalomnak is a két legnevezetesebb végső terméke a CO<sub>2</sub> és a H<sub>2</sub>O a kilehelés alkalmával úgy az állat, mint a növény testét elhagyja. A levegőbe került CO<sub>2</sub>-t a növény asszimilálja; a szénét megtartja, míg a szabadabb lett oxigén a levegőbe jutva újból az állatok és növények lélegzésére, tehát azok vegyületeinek szétbontására szolgál. Ezzel a nagy körfolyamat újból kezdődik.

A levegő oxigénje azonban nemcsak az ú. n. szerves anyagokat oxidálja, tehát elégeti, hanem az ásványokat is. A vasat, de általában a fémeket is oxidálja, rozsdásítja, amely oxidok végül is a talaj oxigén-

tartalmú sóivá alakulnak át. A talaj vegyületeiből a növény teste épül föl, ebből viszont az állati test formálódik. Ebben a felépítésben az oxigén mint építőkö is szerepel, jóléhet a szabad, molekuláris oxigén, ez az örökké romboló elem inkább a vegyületeket, e csodálatos épületeket rombolja és robbantja szüntelenül. A növény és az állat teste ily módon állandóan rothad, korhad és végül is az építőkövek, mint víz és széndioxid vagy a levegőbe, vagy pedig a talajba kerülnek vissza. A  $\text{CO}_2$ -t a növényzet ismét asszimilálja, a vizet felszívja, miáltal a körforgás is újból kezdődik.

A legkisebb körforgás az ásványországban zajlik le. A talajban levő oxidokból a vulkanizmus az oxigén egy részét szabaddá teszi, miáltal a levegő szabad oxigén tartalma gyarapodik. E folyamat megfordítottja az, amikor a szabad oxigén a fémeket oxidálja, úgy hogy ezáltal az oxigénnek a Természetben való egyensúlya ismét helyreáll. Ez utóbbi folyamatnál ismét csak fizikai, tehát csak mechanikai okok szerepelnek, hasonlóan a víz, illetve a hidrogén körforgásához. Ezek szerint az oxigén részint mint víz, tehát mint kötött vegyület is végezhet egy hármaskörforgást, azonban mint molekuláris elem, tehát szabad formában is megfuthatja ezt a csodálatos körpályát. A legkisebb körforgás itt is tisztán mechanikai erők folytán, tehát élőszervezetek beavatkozása nélkül történik. A felmenő ágon az oxidáció az anyag természetéből folyik. Ez alkalommal meleg válik szabaddá. Redukcióhoz azonban a Föld saját melege, azaz külső hőenergia is szükséges. Nagyon természetes, ez a körfolyamat is csak addig tarthat így, míg a Földnek olyan magas hőmérséklete van, hogy egyes oxidok szétbontását lehetővé teheti. Amint ez a képesség gyöngülni fog, úgy a Földön levő élőszervezetek is kénytelenek lesznek mindig a levegő oxigén mennyiségéhez alkalmazkodni. (Jelenleg mintegy 21%.) A Föld oxigén készlete idővel a különböző vegyületekben köttetik meg, mert nem lesz olyan erő, amely azokból szabaddá tegye. Ily módon a Föld aktív oxigén készlete idővel — hihetetlen lassú mértékben — a vegyületekben megkötődik és így kikapcsolódik az egyetemes, hármaskörforgásból, ami egyszersmind a hármaskörforgás megszűnését is jelenteni fogja. Az oxigén egyetemes körforgását különben a mellékelt vázlat is szemlélteti.



12. kép. Az oxigén körforgása.

### 3. A szén körforgása.

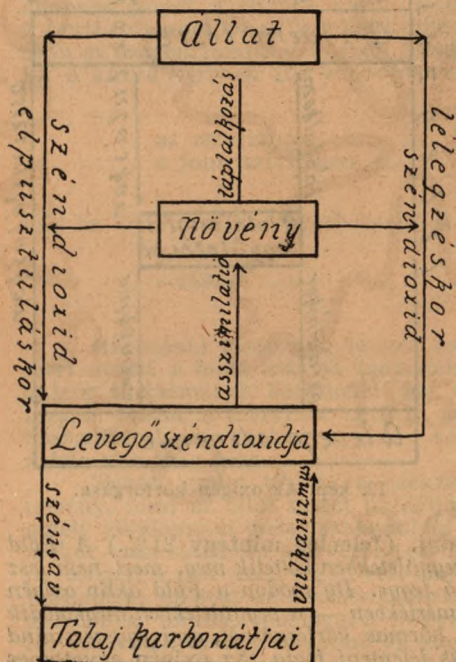
A szén körútja a legfontosabb. Ez az élet tengelye, ez képezi a szerves vegyületek alapját, ennek elége által jut a szervezet igen tekintélyes mennyiségű energiához. A tiszta, ú. n. molekuláris szén



az élőszervezetekre teljesen hasznavehetetlen, ellenben az oxigénnel való vegyülete a széndioxid, a növényvilág életében teljesen nélkülözhetetlen. Ebből a széndioxidból és vízből építi föl a növényvilág önmagát, e két testből alkotott különféle vegyületekben halmozódik föl a Nap fényenergiája, illetve változik át összesűrített formában kémiai energiává. (Egy gázból és egy folyékony anyagból szilárd test — keményítő — keletkezik.)

A szén tehát nem szabad, molekuláris állapotban vándorol az élőszervezetben, hanem vegyületek alakjában. A zöld növényzet, de egyes baktériumok is a szén széndioxid alakjában veszik fel. A széndioxid asszimilálásakor a zöld növények a klorofill, a baktériumok pedig valami más vegyület segítségével a széndioxidot megbontják; a szén in statu nascendi a víz molekulájával vegyületté (formaldechyd) alakul, az oxigén pedig eltávozik. Hogy a széndioxid asszimilálása minden részletében hogyan történik, teljes határozottsággal nem tudjuk, azonban Willstätter<sup>1</sup> legújabb vizsgálatai szerint a széndioxid asszimilálásában a magnézium fémnek igen jelentős szerepe van. Bennünket egyelőre csupán a széndioxid szénének az anyaga érdekkel és pedig abból a szempontból, hogyan kerül az a levegőből a növény testébe, mi módon köti magához azt a rengeteg energiát, mely a vegyületekben felhalmozódik.

A levegő széndioxidjának a szene az a centrum, amely köré a másik két elem, nevezetesen a hidrogén és oxigén is csoportosul. Tisztán e három elemből épül föl a szénhidrát és a zsírmolekula,



13. kép. A szén (Co<sub>2</sub>) körforgása.

szerves vegyület, mint táplálko anyag az állat testébe kerül. A növény testéből, ha az elpusztul, ismét széndioxid és víz lesz, melynek egy

<sup>1</sup> Willstätter R. u. Stoll: Untersuchungen über die Assimilation der Kohlensäure. Berlin, 1918.

része a levegőbe, másik része pedig a talajba jut. A levegőbe került széndioxid egy részét a növényzet ismét asszimilálja, a másik részét pedig az esővel együtt visszaérkezik a talajba. *Az asszimiláláskor tehát a növényzet a testét súlybelileg gyarapítja, mivel a felvett széndioxidból csupán az oxigén távozik el, ellenben a szén teljes egészében visszamarad a növényben.* A talajba került széndioxid az ott lévő vízzel szénsavvá, végül pedig karbonáttá lesz. A keletkezett karbonátok egy része vízben oldható (kálium-, nátrium-, ammonium-karbonát) és így a növényzet számára felvehető, a másik rész azonban, ha a kalcium- vagy magnéziummal kerül össze, úgy akkor vízben oldhatlan mészkővé (dolomit) alakul át. Ez utóbbi karbonátok csakis tömény szénsavban oldódnak, amely jelenség a Természetben nem mindenütt következhet be, különösen nem a tenger vízében.

A tengerben élő állatok, de a szárazföldiek is a test szilárd vázát általában vízben oldhatlan mészkőből építik föl. (Korallok, csigák, kagylók, szivacsok, tüskésbőrűek stb.) A szilárd mészváz, a tengeri állat elpusztulása után is változatlanul megmarad, mivel a tenger vize nem eléggé szénsavas, hogy a benne levő mészvázakat feloldja. Ily módon az a mészkőtömeg, amelyet mint szilárd vázát az állatok teste választott ki, szinte kikapcsolódik az egyetemes anyagforgalomból, de ezzel együtt a világ szénkészletének egy része is kikapcsolódik, mivel a szén a mészkőnek egyik alkotó eleme. Ha e folyamat felett egy kissé elgondolkozunk, úgy arra a következtetésre kell jutnunk, hogy ezáltal a szerves világnak mindig kevesebb «aktív» szén áll majd rendelkezésére, mindig kevesebb széndioxid keletkezhet, mivel a szén egy része ily módon örökre eltemetődik. A geológusok állítása szerint körülbelül 25.000-szer több széndioxid van így megkötve, mint amennyit a levegő tartalmaz.

Azonban az így eltemetett széndioxid a vulkanizmus stb. útján nagyrészt rekompenzálódik. A Föld izzó belsejében ugyanis, ha a karbonátok quareccal, silikáttal kerülnek össze, akkor széndioxid távozik el. (Üvegyártás!) Sőt magas hőmérsékleten (körülbelül 960°) maga a mészkő is felbomlik égetett mészre és széndioxidra. (A mészégetés is ezen alapszik.) Ezek szerint a Föld felszínén eltemetett és mészkővé átalakult széndioxidot a Föld saját melege által keletkezett széndioxid pótolja. Azonban ez a pótlás is csak addig tarthat így, amíg a Föld belsejében ilyen eruptív jelenségek előfordulhatnak. *Ha majd a Föld is kihűl és az eltemetett széndioxid helyébe újabb nem jöhet, akkor bekövetkezik az egyetemes szénínség, úgy hogy a növényvilág idővel szénínségben fog kipusztulni.* Amíg ez bekövetkezik, a növényzet mindig a levegő széndioxid tartalmához fog alkalmazkodni és ahhoz idomulni. A szén mennyisége, tehát az anyaga akkor is meg lesz, az anyag megmaradásának örök törvénye akkor is érvényes marad, csak az anyag lesz tehetetlen, mivel önmagától nem alakulhat vissza széndioxidá.

A szén teljes körforgásában — a hidrogén és oxigénhez hasonlóan — szintén hármas körforgást különböztethetünk meg. Legkisebb kör az ásványi kör. Láttuk, hogy a levegő széndioxidja az esővel együtt a talajba jut és ott szénsavvá, illetve karbonáttá alakul át. Igaz, hogy a széndioxid a súlyánál fogva is a talajba juthat, valamint a talajbaktériumok munkája révén is gyarapodhat a talaj széndioxid tartalma, de ebből is, mint a többi széndioxidból is, idővel mégis csak karbonát lesz. Amikor a széndioxidból karbonát képződik, ekkor a víz játsza a közvetítő szerepet, ellenben amikor a karbonátból ismét széndioxid keletkezik, ott már a tűz, a Föld izzó melege, tehát a hőenergia az, amely e folyamatot elősegíti, vagyis úgy a széndioxid keletkezésében, mint annak egész körforgásában a hőnek, mint fizikai tényezőnek van a legnagyobb fontossága. Ez a hő pedig a Föld saját melege. Mivel az ásványország szerének a teljes körforgása mikroorganizmusok működése nélkül is végbemehet — a hidrogén és oxigén körforgásához hasonlóan —, úgy ebből az is következik, hogy a szén atom ásványi körforgása a másik

két elemmel együtt már akkor is megvolt, sőt meg is kellett már lenni, mielőtt a Föld színén az első élőszervezetek megjelentek.

A szén egyetemes körforgásában az oxigén is résztvesz, ehhez van a legnagyobb affinitása, ezzel egyesül a legbensőbbben, úgy hogy amikor a szén körforgásáról beszélünk, egész nyugodtan a széndioxid körforgását is érthetjük alatta. Láttuk azt is, hogy úgy a hidrogén, oxigén, mint a szén körforgásában tisztán fizikai tényező, nevezetesen a meleg, a hőenergia hatása érvényesül. Az a meleg pedig, amely e három «szerves» elem egyetemes körforgását végzi a Föld őstörténetében, igen jelentős szerepet játszott, hiszen a Föld hőmérséklete abban az időben igen meleg volt. Minthogy a szén, hidrogén és oxigén az a három elem, melyek mindegyike a szerves vegyületek képzésében a legfontosabb szerepet játssza és mivel ezek ősi körforgásában a nagy hő miatt mikroorganizmusok már eo ipso nem szerepelhettek, úgy nagyon közelfekvő az a gondolat, hogy a legegyszerűbb szerves vegyületek kezdetben e három elemből, tisztán fizikai úton, mechanice keletkeztek. Szerény véleményem szerint az első szerves vegyületek csakis olyan elemekből keletkeztek, amelyek ásványi körforgásához mikroorganizmusok munkája nem szükséges. Már pedig ha a fehérjevegyületeket, illetve ezek legősibb (?) formáját, a cyant tekintjük<sup>1</sup> kiindulási vegyületnek, amint ezt Euler és Pflüger is teszi, úgy akkor ezen rendkívül bonyolódott szerkezetű vegyület egyik alkotó elemének, a nitrogénnek, kénnek vagy foszfornak ásványi körforgásában mikroorganizmusoknak is szerepelniök kellett volna, ami azonban az akkori viszonyok mellett szinte lehetetlenség. Ellenben, ha a szerves vegyületeket szintetikus úton keletkezetteknek képzeljük és a kiindulási ősi szerves vegyületnek olyanokat tekintünk, amelyek mechanice, tehát tisztán fizikai úton is keletkezhetnek, úgy akkor ezen első szerves vegyületek csakis olyanok lehettek, mint amilyenek ma az asszimilálás alkalmával tényleg keletkeznek is, tudniillik szénhidrátok. Azt a szerepet, amit ma a klorofill végez, abban az időben, amikor egészen más külső viszonyok voltak (hatalmas ködréteg, fénytörés stb.), esetleg valamely külső fizikai tényező is elvégezhette. De nem is kell mindjárt a zöld növényzetre, illetve annak energia megkötő anyagára, a klorofillre gondolnunk, mert hiszen ismerünk mi olyan klorofill nélküli mikroorganizmusokat is, melyek e nélkül is képesek a levegő széndioxidját asszimilálni. A legegyszerűbb szervezeteknek mindenesetre még nem volt meg a zöld klorofill festőanyaguk.

Ha már egy igen egyszerű szerves vegyület megvolt, ebből a többiek is kifejlődhettek. A három elemhez kapcsolódott később a negyedik elem, a nitrogén is, amiáltal adva volt a lehetőség a fehérje molekula felépítéséhez. Szerény véleményem szerint a szerves vegyületek nem is deduktív úton, hanem csakis szintetikusán induktive keletkeztek. Tehát először nem egy fehérje molekula keletkezett és ennek hasadási terméke lett pl. a szénhidrát, hanem igenis az egyszerűbb vegyületekből szintetikusán épült föl a fehérje molekula.<sup>2</sup>

A szén körútjával kapcsolatban még egy igen fontos jelenségre kell kiterjeszkednem, melyet eddig tudtommal sehosem méltattak kellő mértékben, pedig érdemes lenne vele foglalkozni. Kísérletileg megállapított tény, hogy a zöld növényzet minden alkotó eleme a talajból jut a növény testébe, csupán az egyetlen szenet kapja a levegőből. A levegőben mintegy 0.03%-nyi széndioxid van, ami így is igen tekintélyes mennyiség. Mivel a széndioxid a levegőnél súlyosabb gáz, így a föld színe felett minden magasságban helyzeti energiája van, amely helyzeti energia a vulkánok működése folytán helyzetődött bele. Egyszerűség kedvéért képzeljük el, hogy a következőkben egy nagyobb

<sup>1</sup> Euler: i. m. II. 281.

<sup>2</sup> Schäfer E.: Az életről. (Ford. Gorka S.) Term.-tud. közl. pótf. 3—4. sz. 1913.

fa 10 m magasságban levő egyik leveléről lesz szó. Ez a levél a 10 m-es magasságban az asszimilálás alkalmával a közvetlen körülötte levő széndioxidból a szenet asszimilálja, vagyis a napfény segítségével szénhidrátokat készít, miáltal a levél körül levő széndioxid helyzeti energiája az ugyanolyan magasságban levő levélbe helyeződik át, illetve áttolódik. Fizikailag értelmezve ez annyi, mintha pl. én az asztalom közepén levő tintatartómat az asztal szélére helyezném át; a tintatartóm helyzeti energiája ezáltal egyáltalán nem változott. Így van ez a széndioxid asszimilációjánál is. A szerves vegyületek összes elemei a Nap hőenergiája, illetve más energiafajok működése révén felkerülnek pl. a 10, vagy akár 100 m. magasságban levő levelekbe, ahol bizonyos helyzeti energiához jutnak. Ezekkel szemben a szénnek, illetve a széndioxidnak 10 vagy 100 m. magasságba való jutása a Föld saját melegének, illetve hőenergiájának az eredménye. A szénnek a 10 m-es magasságban a Föld adta a helyzeti energiát, a többi elemnek a Nap. Amikor pedig az a levél, vagy az általa formált más szerv, termés, ág stb. a 10 m-es magasságból a földre esik, a leesés helyén de facto több meleg keletkezik, illetve több energia válik szabaddá, mint amennyit a Nap az összes elemek (a szén kivételével) 10 m-es magasságba való felemelésére fordított. Azaz a leeső szerves vegyületekkel együtt leesik az a szén is, amelynek eredetileg a 10 m-es magasságban csupán a vulkanizmustól kapott helyzeti energiája volt meg. Mivel maga a szén anyaga is súlyt képvisel (12-szer súlyosabb a hidrogénnél), a súly leesésekor pedig meleg fejlődik, így a leeséskor a leesés helyén több meleg keletkezik, mint amennyit egyszerűen várnánk. A Földre ezek szerint látszólag több anyag jut, mint amennyi a talajból 10 m. magasságba feljutott. Az egész folyamatot egy példa fogja a legjobban megvilágítani. A cukor képlete pl.  $C_6H_{12}O_6$ ; ennek molekula súlya 180, amelyből 72 súlyrész, vagyis az egész súly 40%-a szén. Ez a szám is világosan mutatja, hogy pl. a szénhidrátok földreesésekor 40%-al súlyosabb test esik le, mint amennyi anyagot a növényzet a talajból felvett. Hasonló ez ahhoz, amikor én 60 dg-t emelek fel 1 m. magasságba és ezen súly helyett 1 kg-ot ejtek le. A befektetett munka és a végzett munka között tehát igen nagy különbség van, amiből az is következik, hogy a levegő széndioxid készlete még igen jelentős szabad energiát képvisel, amelyet érdemes lenne kihasználni.

Ha ez a tétel egyetlen levélre, illetve annak egy szénhidrát molekulájára áll, úgy ez szükségképpen minden olyan növényi részre is vonatkozik, amely a Föld színe felett fejlődött. Amikor tehát a fák kidőlnek, termések, magvak, levelek stb. lehullanak, úgy ezzel mindig több és több szénanyag kerül vissza a Föld felszínére, aminek az a következménye, hogy a levegő széndioxid tartalma állandóan fogy,<sup>1</sup> ellenben a talaj széntartalma állandóan gyarapszik. Minthogy minden mozgási energiából meleg keletkezik, így a Föld felszínének is állandóan melegebbnek kellene lenni. A Földre leestett szerves testek végül is ismét széndioxiddá (esetleg mocsárgázzá) és vízzé, majd pedig karbonátokká alakulnak, melyek körforgásában — amint láttuk — a Föld saját melege játsza a legfontosabb szerepet.

Ezek után, ha a szén teljes körforgását és vele együtt a hőenergia sorsát a távoli jövő szemüvegén át nézzük, úgy megállapíthatjuk, hogy a nagy kiegyenlítődés, a teljes egyenlőség itt is lassú, de kerülhetetlen biztos léptekkel halad előre. A széndioxid mennyiségének helyzeti energiája a fokozatos elhasználás következtében állandóan kisebbedik s a melegmennyiség is visszatér önmagába (entropia). Tehát idővel nem lesz a Földön nagy meleg és hideg, csupán minden langyos és emellett

<sup>1</sup> Ostwald: Die Mühle des Lebens. P. 93.

Ezzel ellenkező véleményen van Arrhenius: A világ energiakészlete. (Term.-tud. közl. 1920. dec. P. 379. Bogdánfy Ó. ism.)

mozdulatlan, merev. A mindenség anyag- és energiakészlete akkor is változatlan mennyiségben meg lesz, csak munkát nem végezhet. Valóságos tantalusi kínokat él majd a világ és végül is a saját energia-készletében, a saját zsírjában fog kimulni. A *növényvilág épen a széndioxid asszimilációjával szinte arra hivatott, hogy ezt a lassú kimulást hihetetlen mértékben lassítsa.*

A szén, illetve a széndioxid körforgását a 13. kép mutatja.

#### 4. A nitrogén körforgása.

Mivel a nitrogén csak kis mértékben energiagyűjtő, ill. hordozó, így energetikai szempontból sem oly nagyjelentőségű, mint a hidrogén és az oxigén és a szén. E helyett inkább csak a jelenlétével szabályoz és közvetít az egyes folyamatok keletkezésében. A nitrogénnek a többi elemhez hasonlóan szintén hármas körforgása van és így a Természet mindhárom megnyilatkozási formájában felfalálható.

Szabad állapotban igen elterjedt gáz, hiszen a levegőnek kb.  $\frac{4}{5}$  része nitrogén. De nemcsak a levegőben, hanem a talajban is megvan a különböző nitritek és nitrátok alakjában. Az állati testnek épen úgy építőköve, mint a növénynek, mivel a szervezetek legfontosabb vegyületének a fehérjének nélkülözhetetlen alkotó része. A fehérje vegyületek labilitása teljesen a nitrogén elem fordul meg.

Az a kérdés, milyen utat tesz meg a nitrogén-atom addig, amíg az állat vagy a növény egyik épületanyagában, a fehérje molekulában elhelyezkedik, milyen sors vár rá azután is, milyen hatások érik a talajban és a levegőben?

A levegőben a nitrogénen kívül oxigén is van. A két elem csak akkor egyesülhet egymással, ha a képződési hő rendelkezésükre áll. A szabad Természetben ez az egyesülés főleg a zivatarok alkalmával a villámláskor következik be, amikor a szabad nitrogén a szabad oxigénnel nitrogénoxidá vá egyesül. Ilyenkor a környezetből, tehát a villámlás hőjéből mintegy 21.000 cal. meleg köttetik meg, mivel a nitrogén és az oxigén egyesülése endotherm folyamat. A nitrogénoxid azonban tovább oxidálódik nitrogéndi-, majd nitrogénpentoxidá. A levegőben keletkezett nitrogénpentoxid az esővízzel salétromsavvá egyesül és mint ilyen, az esővel együtt a talajba kerül. A tiszta salétromsav a növényzetre méregként hat. A mérgező hatás azonban nem következik be, mert ha a salétromsav a talaj fémjeivel érintkezik, úgy a vegyüléskor a talaj legértékesebb sói, a nitrátok keletkeznek. A növényzet szempontjából különösen a káli- és nátronsalétrom bír nagyobb jelentőséggel, amelynek nagy részét a növényzet a gyökérzetével veszi fel és teste felépítésére fordítja, míg a másik része az eső és folyóvízzel együtt végül is a tengerbe kerül. A levegő nitrogénjének a talajba való jutása, ill. a nitrátok képződése ilyen formán tisztán fizikai úton is megtörténhet.

Azonban nemcsak *így*, tehát mechanice kerülhet a levegő nitrogénje a talajba. *Winogradsky* hosszas kutatásaiból azt az igen érdekes eredményt állapította meg, hogy a talajban olyan mikroorganizmusok is vannak, amelyek a levegő szabad nitrogénjét meg tudják kötni és pedig úgy, hogy abból előbb nitríteket, majd pedig nitrátokat képeznek, anélkül azonban, hogy szerves, tehát széntartalmú vegyületek állanak a rendelkezésükre. Ebből azután az is következik, hogy ezek a baktériumok a széndioxidot, ill. a szénat asszimilálni tudják, akár a zöld növények és pedig a fény kizárása nélkül is. *Hueppe* azt hiszi, hogy a széndioxidból szabadabbá lett oxigén az ammoniák oxidálására fordítatik. Ebben az esetben a fehérje molekula felépítéséhez szükséges nitritek és nitrátok képzése — az előbbivel szemben — mikroorganiz-

musok, azaz élőszervezetek munkája révén történik. A nitrátok ily módon való képzése a Föld őskorában csak akkor következhetett be, amikor a Földön ezek az igen egyszerű szervezetek már vegetáltak.

A zöld növényzet még egy harmadik úton is hozzájuthat a levegő szabad nitrogénjéhez, tehát közvetve a talaj nitrogén, ill. nitráttartalma is gyarapodhat. A hüvelyes növények gyökerein ugyanis apró gumócskák vannak, melyek nem mások, mint az *u. n.* gyökérbaktériumok lakóhelyei, micodomiciumai. Az ilyen gumócskákban él a *Bacillus radicola* vagy a *B. Beijernickii*. Mindkettőnek az a tulajdonsága, hogy a levegő szabad nitrogénjét megköti és vegyületek alakjában fölraktározza. Az ily módon készített nitrogén vegyületek végül is a talaj nitrogénvegyületeivé alakulnak át és azt gyarapítják.

A talaj nitrogéntartalma ezek szerint három módon is szaporodhat és pedig vagy tisztán fizikai úton, a villámlás és eső alkalmával vagy a nitrifikáló- és végül a gyökérbaktériumok által. Ha a Természetben csak ez a három egyirányú folyamat lenne, úgy a talaj nitrogéntartalma a levegőének rovására állandóan gyarapodna. Ennek ellensúlyozását végzik az *u. n.* denitrifikáló baktériumok, melyek munkája a nitrifikálókéval éppen ellenkező. Ezek *u. i.* nem a nitrátok képződését segítik elő, hanem azok redukálásában, szétbontásában vesznek részt, vagyis a nitrifikáció nem más, mint oxidálási, a denitrifikáció pedig redukálási folyamat. Ilyen denitrifikáló baktérium pl. a *Bacillus denitrificans*, *nitrovorus*, *filifaciens*, *pyocyaneus*. Ezek munkája révén lesz a talaj nitrátjaiból előbb nitrit, majd szabad nitrogén, sőt a redukció még az ammoniák képzéséig is elmehet. Amíg tehát a nitrátok képződése a nitrifikáció révén az ammoniákból és a szabad nitrogénből is megtörténhet, addig a denitrifikáló baktériumok munkája ezzel éppen ellentétes.

Hogy e baktériumok munkája hogyan történik, erre nézve a vélemények eltérők. Némelyek azt hiszik, hogy ez a redukció a baktériumok anyagcserejének az eredménye, míg mások szerint a baktériumoknak a lélegzéshez oxigénre van szükségük és ezt a nitrátokból vonják el.

A fenti kis vázlatból kitűnik, hogy a nitrátoknak, ill. magának a szabad nitrogénatomnak ez a legkisebb körforgása a zöld növényzet és az állatország bekapcsolódása nélkül is megtörténhet, vagyis a nitrogénnek ez a legkisebb körforgása független úgy a zöld növényzettől, mint az állatorzágtól. A teljes körforgáshoz azonban mikroorganizmusok munkája okvetlenül szükséges. Ezek nélkül, tehát tisztán mechanikus úton a nitrogénnek teljes körforgása tudásunk mai állása szerint végebe nem mehet.

A fentebb vázolt folyamat szerint a talajban bőségesen keletkeznek nitritek és nitrátok. Mivel ezek mindegyike vízben oldható, így a zöld növények a gyökérzetük útján a különböző nitritek és nitrátok alakjában tetemes mennyiségű nitrogént vesznek fel. A növény testében a felvett nitritekből és nitrátokból előbb aminosavak keletkeznek majd ezek bonyolult társulásaiból épül föl lassanként az ismeretlen konstitúciójú fehérje-molekula. Legalább is Fischer Emil vizsgálatai alapján ehhez a feltevéshez jutott. Bennünket különben is nem az a mód érdekel, amely szerint ez a felépítés tényleg megtörténik, hanem csak az, hogy a nitrogén-atom a fehérje-molekulában de facto benne van-e. Azt pedig már az energetikai részről láttuk, hogy a fehérje-molekula képződésekor igen tekintélyes mennyiségű kémiai (potenciális) energia halmozódik fel, melynek nagyrésze az oxidáció alkalmával mozgási (kinetikai) energiává alakul át. A növényzet az életműködéseit kizárólag ebből a potenciális energiából végzi. Ezt a potenciális energiát kebelezi be az állat akkor, amikor a növény testéből táplálkozik, amely alkalommal a növény által felvett és fehérjévé átdolgozott nitrogén-atom is az állat testébe helyeződik át. Ily

módon a talaj, ill. a levegő nitrogénje a növény testének közvetítésével az állati test alkotó elemévé, építőkövévé válik.

Azonban nem minden növény kerül az állati testbe, hanem fajának biztosítása után elpusztul, amivel a visszaalakulás folyamatát megkezdí. A bonyolódott növényi fehérje azután egyszerűbb komponensekre, ú. n. aminosavakra és végül ammoniákra, vízre és széndioxidra bomlik fel. Az ammoniák a nitrifikáló baktériumok munkája révén ismét nitrátokká alakul és folytatja a már ismert körforgást tovább.

Ez a második körforgás a növényországé; ez az állatországtól teljesen független, mert csak az ásványországgal, ezzel a rideg anyagi világgal van elválaszthatatlan szoros kapcsolatban.

A harmadik körbe az állatország úgy kapcsolódik bele, hogy a növény testét alkotó anyagból önmagát felépíti. A növényi fehérjét az állat testében egyszerűbb vegyületekre bomlik, majd pedig újból összetevődik, de most már állati fehérjévé. Az állati fehérjék egy része az életfolyamatok alatt megbomlik és ezen bom-

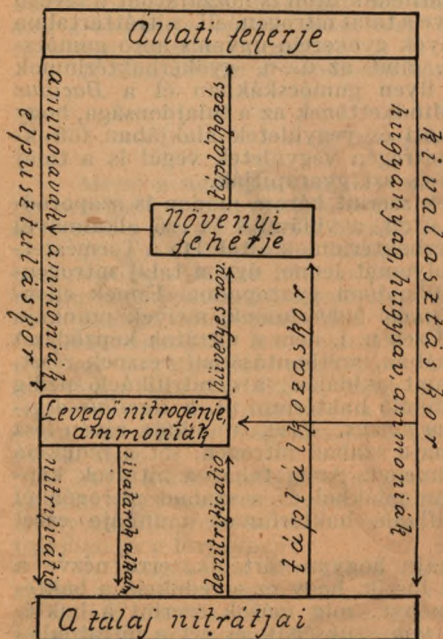
lott fehérje anyagokat, ill. azok utolsó hasadási termékeit, melyeknek a szervezet már semmi hasznát nem veszi, az állat részint a vizelet, részint a bélsár alakjában választja ki. Az emlős állatok vizeletében sok a *hugyanyag*, míg a Sauropsidiákéban (hüllők és madarak) inkább sok a *hugsav*. A kiürített *hugyanyag* ( $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ) még tovább bomlik és végül széndioxid és ammoniák lesz. Ez utóbbi bomláskor energia is szabadul föl, amiből az is látható, hogy az állati szervezet a fehérjét nem égeti el teljesen, a fehérjékben levő potenciális energiát nem használja ki oly tökéletesen, mint ez a szirok és szénhidrátok esetében tapasztalható. Anyagforgalmi szempontból itt csupán az a fontos, hogy az állati szervezet nitrogéntartalmú vegyületeket választ ki, így pl. az ammoniákat, mely végül is vagy a talajba vagy pedig a levegőbe kerül. Ez utóbbiak sorsát az előzőkből már ismerjük.

De nitrogéntartalmú vegyület nemcsak így jut a talajba, hanem az állati szervezet felbomlásakor is. Ez alkalommal a fehérjevegyületek hasadása folytán aminosavak, purinbázisok keletkeznek, melyek végső terméke ismét az ammoniák, víz és a széndioxid.

A nitrogén körforgását vázlatosan a 14. kép mutatja.

### 5. A foszfor körforgása.

A foszfor szintén hármaskörforgást végez, tehát ez is úgy az ásvány-, növény- és állatországban feltalálható. Szabad állapotban — kémiai természetéből kifolyólag — nem fordul elő, míg vegyületeiben igen elterjedt.



14. kép. A nitrogén körforgása.

Az ásványországban főleg mint apatit, foszforit, wawellit, vivianit és struvit fordul elő.

A növényországban főleg a magvak tartalmaznak nagyobb mennyiségben foszforvegyületeket. Így pl. a búza száraz hamujában ( $P_2O_5$ -re átszámítva) 43%, a hüvelyesekében 40%, a húsban 36,6%, a burgonyában pedig mintegy 16% foszfor van.

Az állati szervezetben főleg a csontok tartalmaznak nagyobb mennyiségű kalciumfoszfátot, a test nedveiben és szöveteiben mint savanyú kalciumfoszfát van jelen. Ezenkívül résztvesz az idegrendszer egyik igen fontos vegyületének, a lecithin felépítésében is.

A foszfor a körforgását nem elem, tehát szabad állapotban, hanem mint foszfát ion teszi meg. A hármas körforgásnak legkisebb köre az ásványországra terjed ki, bár ebben a körforgásban alkalmilag bizonyos baktériumok munkája is észrevehető. A második kör a növényi kör, amelyben az ásványországon kívül benne van a növényország is. Ez a második kör teljesen független a harmadik, nevezetesen az állati körtől. A harmadik és legtagabb körbe az állatvilág is belekapcsolódik, amely ezáltal közvetlenül függ a növényországtól, közvetve pedig az ásványországtól. Szinte azt is mondhatnók, hogy az ásványországnak függvénye a növényország, a kettőnek együttes függvénye pedig az állatvilág.

A foszforvegyületek a talajban vízben nehezen oldható sók alakjában vannak meg. Ilyen állapotban a növényzet gyökerei nem vehetik fel. Alkalmassá teszik erre a talajban élő mikroorganizmusok, melyek lélekzésük alkalmával széndioxidot lehelnek ki, mely a talajvízzel szénsavvá alakul. Részint a szénsavas víz, részint pedig ezen mikroorganizmusok által termelt organikus savak hatására az oldhatlan, vagy alig oldható di-tri- vagy tetrafoszorsavak vízben oldható ú. n. monofoszfátokká alakulnak át. Az így keletkezett vízben oldható monofoszfátok egy részét a növényzet a gyökérzete útján felveszi, míg a másik része az esővízzel együtt más helyre jutva, az esetleg otlévő fémek hidroxidjai, karbonátjai vagy szilikátjaival egyesül és ismét visszaalakul vízben oldhatlan foszfátá. Ez az utóbbi átalakulás különösen gyorsan megy végbe akkor, ha mész van jelen. Az oldható foszfátvegyületeket részint a talajban levő baktériumok asszimilálják, részint a felsőbbrendű növényekben a fehérje vegyületek felépítésében segídeknek. A zöld növények nemcsak a szervesetlen oldható foszfátokat használják fel, hanem mint a legújabb vizsgálatok mutatják<sup>1</sup> a baktériumok által készített szerves foszfátvegyületek egy részét is.

A növényekbe a foszfor nem szabad állapotban, hanem foszfát ion alakjában kerül és ott főleg mint savgyök a szerves vegyületeknek nevezetesen lecithinnek és nucleinsavak felépítésében vesz részt és pedig a következő módon. Ha a foszforsav a glicerinnel, mint három vegyértékű alkohollal kerül össze, úgy egy mol. víz kilépése mellett glicerín-foszforsav keletkezik. Ha a glicerín-foszforsavnak még szabadon levő két hidrogénje helyébe ugyancsak két mol. víz kilépése folytán két zsírsav lép be, (stearinsav, de lehetne palmitin vagy olajsav is), akkor keletkezik a stearin-glicerín. Ha pedig a növény testében levő *cholin* a stearin-glicerín foszforsav egyik hidrogénje helyébe belép, keletkezik a *lecithin*, amely már a fehérjevegyületeknek igen nevezetes komponense. A nucleinsavak felépítésében nem az orthofoszorsav, hanem a metafoszforsav ( $HPO_3$ ) ezenkívül főleg a hexosok és a pirindinbázisok szerepelnek (l. a táblázatot).

Amint látjuk, a növény fehérjéje felépítésében egy új elem, a foszfor is szerepel. Ez az öt elem a legfontosabb a növény és állat testének felépítésében.

<sup>1</sup> Schoenichen W.: Methodik u. Technik des naturwiss. Unterrichts. P. 248.



A növény testének felépülése után megkezdődik a lebontás folyamata. A testben felhalmozott kémiai vegyületek egy része bomlani indul, az összetettebbek egyszerűbbé lesznek. A foszfortartalmú fehérjék bomlási termékeikre, ú. n. foszfátidekre bomlanak, amelyek végezetül mint oldhatlan foszforvegyületek ismét a talajba kerülnek. Ezek sorát pedig már az ásványi körből ismerjük.

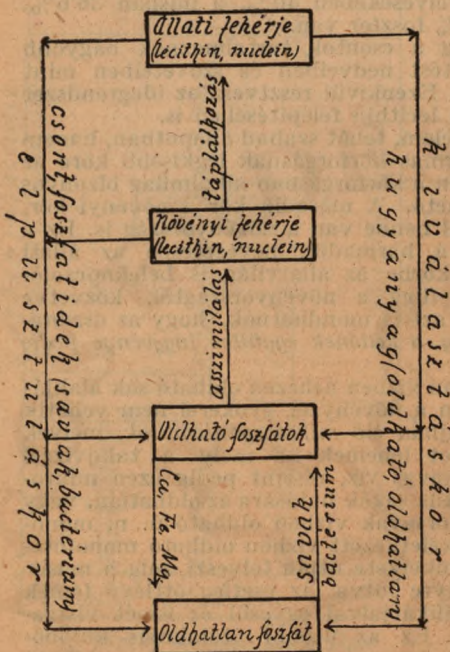
Azonban a növényzetnek csakis bizonyos hányada végzi ezt a körforgást, míg a másik része, mint felhalmozott energiakészlet a harmadik körbe, vagyis az állatország körforgásába kapcsolódik bele.

A foszforvegyületeket az állati testben lecithinek, nucleinsavak és fehérjék alakjában találjuk fel. Az állat testéből az élet folyamán a foszforvegyületek egy része egyéb vegyületekkel együtt, a vizelettel eltávozik, melyeket egyszerűen húgyszfátoknak nevezünk. A húgyszfátok oldható sóit a talajba jutásuk után a növény mindjárt felhasználhatja, míg a másik része a talajba kerül, ahol idővel és alkalmmal oldható foszfátokká lesz. Ez utóbbi folyamat azonban már az ásványországban zajlik le.

A vizelettel a foszforvegyületeknek csupán egyik része

távozik el a testből, míg a nagyobb része továbbra is az állati test formálásában vesz részt. Az állati test felbomlási folyamata alkalmával pl. a csontokban levő mészfoszfátokat a szénsav és baktériumok megtámadják, miáltal ismét oldhatókká lesznek. Az oldatok egy részét a növényzet felszívja és feldolgozza, míg a másik része különösen vas, magnézium és kalcium jelenlétében ismét vízben oldhatlan foszfátokká lesz. Ez utóbbi körfolyamat most már tisztán az ásványi körben folyik le. Az állati fehérje származékok nevezetesen a nucleinsavak és lecithinek — a növényekéhez hasonlóan — ú. n. foszfátidekké bomlanak. Ezek további felaprózását egész a foszforosavig elvégzik a talajban levő mikroorganizmusok, amely lebontási folyamatnak a vége mégis az lesz, hogy az állati test anyagai a növényzet számára újból hozzáférhetőkké válnak. Ezzel az egész folyamat újból kezdődik.

A foszfát ion körforgását a mellékelt vázlat szemlélteti.

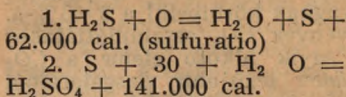


15. kép. A foszfor körforgása.

## 6. A kén körforgása.

A kén körforgásában igen fontos szerepet játszanak az ú. n. kénbaktériumok. Felfedezésüket Winogradsky-nek köszönhetjük. Tulajdonságaik szerint két csoportba oszthatók. Az elsőbe azok tartoznak, amelyek a kénhidrogénből oxidálni tudják a ként, tehát egy olyan vegyületből, amely minden szerves lényre erős méregként hat. Ezek

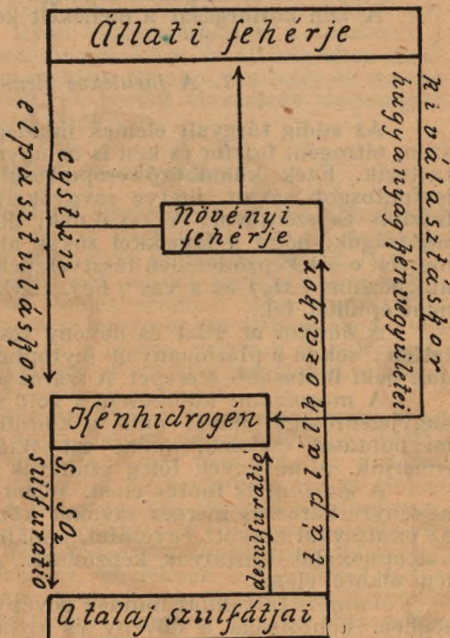
a *Beggiatoa* és *Thiobacillus* baktériumok különösen akkor dolgoznak intenzíven, ha környezetükben valamely szulfát (gipsz) van. A másik csoport munkája ezzel ellentétben. Így a *Microspira desulfuricans*, *Vibrio hydrosulphureus* és a *Microspira aestuarii* képesek a szulfát iont egész a kénhidrogénig redukálni. Az első *Microspira* csak édes vizekben él, míg a második kifejezetten sós vizekben. Mivel ezek a baktériumok a levegőt nem igen szeretik — bár mind aerob — ebből következően a redukció alapja nem is az oxigénhiány, hanem kizárólag az energiaszükséglet, kell hogy legyen. *Beijernick* szerint valamely könnyen oxidálható anyag jelenléte is szükséges, hogy ez a desulfuratio létrejöhessen.<sup>1</sup> A két folyamat különben a következő módon megy végbe:



vagyis az első oxidálás alkalmával, — amikor a szabad kén kiválik — 62.000 cal. válik szabaddá, míg a szabad kén oxidálása, egész a szulfátok képzéséig újabb 141.000 cal.-t szolgáltat. Az ily módon keletkezett kénsav a talaj fémjeivel, esetleg sóival (különösen  $Ca_2(HCO_3)_2$  kalciumhidrokarbonáttal) egyesül. Így keletkeznek a talaj szulfátjai, melyeket a növényzet a gyökérzete útján felvesz és különösen a fehérjevegyületek képzésére használ fel (cystin). A zöld növényzet ként tartalmazó vegyületei (allylsulfid, fehérjék stb.) a növény elpusztulásakor egyszerűbb vegyületekre bomlanak. Azonban ebben a hasadási folyamatban szabad kén nem válik ki, mert a végső termék rendszeresen a kénhidrogén, melyet azután az említett thio-baktériumok újból, szulfátokká oxidálnak. A szulfátokat a növényzet a gyökérzete útján ismét felveszi, amivel a második, a növényi körforgás újból megkezdődik.

A növény testét és így annak minden vegyületét, tehát az anyagát az állat megeszi, amiáltal a növény teste és a hozzá tapadt kémiai energia az állati szervezetbe helyeződik át. Itt megkezdődik a disszimiláció, amelynek egyik végső eredménye a kénhidrogén. Az állati vizeletben mindig van kénvegyület, melynek utolsó hasadási terméke ugyancsak a kénhidrogén. Azonban nemcsak kiválasztás útján kerül vissza a szabadba a kénvegyületek nagy része, hanem az állati test elpusztulásával is. Ezen felbomlásnak egyik végső vegyülete ismét csak a kénhidrogén, amelynek további sorsa a fentebbiek után előtünk ismeretes.

A fenti kis vázlatból az is kitűnik, hogy a kénnek a többi elemhez hasonlóan szintén hármasszoros körforgása van. A legkisebb kör, a thio-bak-



16. kép. A kén körforgása.

<sup>1</sup> Winterstein: Handbuch der vergleichenden Physiologie. II. Bd. p. 80.

teriumok munkája révén csak az ásványországban folyik le. A második körforgásba már a zöld növényzet is bekapcsolódik; ez a körforgás teljesen független az állatországtól. Az állatvilág, a növényzet révén kapcsolódik bele az egyetemes anyagforgalomba, amely immár a másik két kisebb kört is magában foglalja.

A kén körforgását a mellékelt kép mutatja.

### 7. A járulékos elemek körforgása.

Az eddig tárgyalt elemek mindegyike, tehát a hidrogén, oxigén, szén, nitrogén, foszfor és kén is az úgynevezett nem fémes elemek közé tartozik. Ezek különböző csoportosulásai alkotják az ásványország legfontosabb savait, illetve savgyökeiket, tehát a kénsavat, salétrom-, foszfor- és szénsavat. A savaknak, illetve savgyököknek pedig az a sajátosságuk, hogy a fémekkel sókat alkotnak. A legfontosabb fémek, melyek e sók képződésében résztvesznek: a kalium (*K*), kalcium (*Ca*), magnézium (*Mg*) és a vas (*Fe*). Ezek nélkül a növény és állat teste nem épülhet fel.

A kalium az állat és növény testének felépülésében nélkülözhetetlen; sokan a plazmaanyag (cytoplazma) szintézisében tulajdonítanak neki fontosabb szerepet. A száraz anyagnak körülbelül a 3—5 %-a.

A magnézium különösen a zöld növények  $CO_2$  asszimilációjakor nagyjelentőségű, mivel mint a klorofill egyik alkotó eleme a  $CO_2$  megbontását eszközöli, amint ezt Willstätter legújabb vizsgálataiból ismerjük. A növények főleg ezulfátok alakjában veszik fel.

A kalcium is fontos elem. Jelentősége főleg abban van, hogy a növényre káros és mérges savakat közömbösíti és megköti. Rendesen az oxálsavval szokott egyesülni, amiáltal a növényben az úgynevezett kalciumoxalat kristályok képződnek. A csontoknak is nélkülözhetetlen alkotó eleme.

Vasat is tartalmaz minden növény, bár néha igen csekély mennyiségben. Fontossága a növény és az állat életében elsőrangú. A vas hiánya miatt a növény klorotikus, sárga lesz. A vér haemoglobinjának is alkotó eleme.

Az említett tíz elemén kívül még mások is résztvesznek a növényi és állati test felépítésében, bár az élet fenntartásához nem okvetlenül szükségesek.

A fémek körforgása a nem fémes elemekével szorosan összefügg. A növény ugyanis nem veszi fel a nem fémes elemek által képezett mérges savakat, tehát a kénsavat, salétrom-, foszfor- és tiszta szénsavat, hanem csakis ezek sóit. A sók pedig mindig valamilyen fémeket tartalmaznak. Amikor tehát a só oldata a növény testébe kerül, ugyanakkor a fém is felvevődik. A szervezetbe jutott fém azután alkalomadtán belép valamelyik szerves molekulába. Így a réz bekapcsolódik a vér egyik igen fontos vegyületébe, a haemocyaninbe, a vas a haemoglobinbe, a magnézium a klorofillbe, a kalium esetleg a fehérje molekulába. Nagyon természetes, ezek a fémek nem mindig ugyanazokhoz a savgyökökhez kapcsolódnak, hanem elsősorban azokhoz, amelyekhez nagyobb az affinitásuk, a vonzalmuk, másrészt, amelyek közelükben vannak. Így pl. a kalium fém hozzákapcsolódhat úgy a szulfat, nitrat, foszphat, karbonat, mint a klorid gyökhöz. Ezért az egyes fémek körforgását nem is szükséges külön-külön tárgyalni, elég, ha rámutatunk arra, hogy a fémek körforgása a legszorosabb kapcsolatban van a fenti savgyökök körforgásával, amiből azután az is következik, hogy a fémeknek is hármas körforgásuk van. A legkisebb körforgás az ásványországban zajlik le, ahol főleg a kémiai affinitás, tehát mechanikai ok játssza a legfontosabb szerepet. Az erősebb savgyök magához ragadja a gyengébb savgyökből a fémeket, miáltal

egy új só keletkezik. És ez a kölcsönös cserélgetés szinte végnélküli lehet.

Ebbe a kölcsönös váltakozó munkába, amint láttuk, mikroorganizmusok is közreműködhetnek. A nitrát- és szulfátbaktériumokon kívül az úgynevezett vasbaktériumok is működnek, amelyek a vasoxidot ( $FeO$ ), ferrioxiddá ( $Fe_2O_3$ ) képesek oxidálni és ebből szerzik meg a szükséges energiát. Ilyen vasbaktériumok a *Cladotrix* és *Crenotrix* fajok, melyek különösen mocsarakban és állóvizekben élnek, de előfordulhatnak vízvezeteki csövekben is, ahol, ha nagyon elszaporodnak, óriási károkat okozhatnak. (A berlini vízvezeték megrongálását is ezek az apró szervezetek okozták.)

### 8. Az anyag egyetemes körforgása.

Az előzőekben az egyes elemek körforgását láttuk. Megállapítottuk, hogy minden elemnek hármass körforgása van. A legkisebb kört az ásványország elemei teszik meg. Ezek közül egyeseké pl. *H*, *O*, *C*-é tisztán fizikai úton is végbemehet, míg mások körforgásában mikroorganizmusok is segédkeznek. Az elemek azonban nem elszigetelten, egymástól nem függetlenül, hanem a legszorosabb kapcsolatban végzik e körforgásokat. Különösen áll ez a szénre, oxigénre és hidrogénre, melyeknek legegyszerűbb két vegyülete, a víz és a széndioxid, a három országon keresztül szinte változatlanul megmarad.

A mellékelt táblázat szemléletesen tünteti fel az egyetemes anyagforgalmat. A táblázatból látjuk, hogy minden elemnek hármass stációja van, míg az eredeti, kiindulási helyére vissza nem ért. Ez a három állomáshely: az *ásvány*, *állat* és *növény*. Az ásványország az anyagi világ; ez hordozza az energiát. A növényország egyesíti és felhalmozza az ásványország anyagát és a Nap energiáját, az állatország elválasztja őket, majd pedig felhasználja. A felvett energia felhasználása, felszabadítása, valamint az építőköveknek, az elemeknek a kiindulási helyre való visszarokodása mechanikusan történik. Az építőkövekbe azután újból a növény helyez újabb és újabb energiát, míg az elhasználás, a felszabadítás főleg az állatország kiváltsága. Amint látjuk, örökös építés és örökös rombolás. Ez jellemzi a legjobban a Természetet. Anyaga és energiája örökké új formában jelenik meg, örökké épít, alkot, állandóan rombol, szünet nélkül dolgozik. Valóban «panta rei!» A táblázat megértéséhez különben még a következőket kell megjegyeznünk.

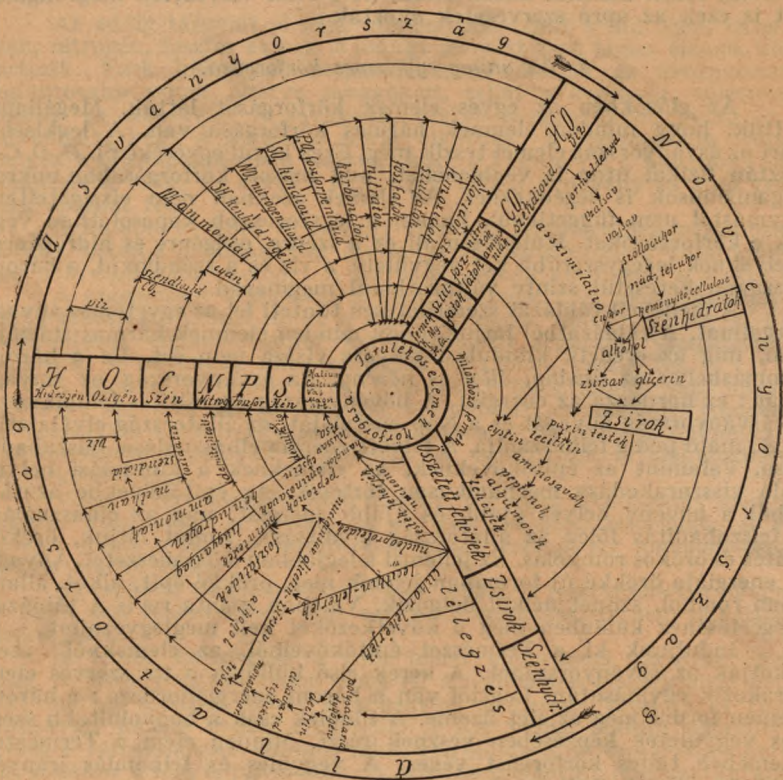
Induljunk ki a Természet építőköveiből, az elemekből; ezek alkotják az ásványországot. A kerék első küllőjén a tíz szerves elem sorakozik egymásután. Legelől van a három energiahordozó; e három elem fordul meg az élet üzeme. A többiek csak a bonyolultabb szerves vegyületek képzésében vesznek részt. Minden elem a Természet üzemében teljes körforgást végez. A vegyülés és felbomlás irányát a körön jelzett nyílhegyek mutatják.

Az ásványország elemei egymással vegyületeket képezhetnek, melyeknek képződése azáltal van jelezve, hogy a vegyülésben résztvevő 2—3 elem sugárirányban egy vastagabb vonallal van egymással összekötve. Így a hidrogén és oxigén vegyüléséből létrejön a víz, a szén és oxigénből a széndioxid, a nitrogén és oxigénből a nitrogén-dioxid, esetleg pentoxid, a nitrogén és hidrogénből az ammoniák, a foszforból és oxigénből a foszforpentoxid, stb. Ezek az egyesülések csupán a vegyületek alapjait képezik, amelyekhez még a különböző fémek is járulnak, amiáltal a talaj értékes sói keletkeznek.

A növényzet minden eleme a talajból származik, csupán a szén kerül a levegőből a növény testébe. A talajban keletkezett sók és a levegő széndioxidja mindig készen áll a növényország számára, csak fel kell vennie és feldolgoznia.

Az anyagfelvétel — mint a Természetben minden — mechanice

történik. Az ozmosis és diffúzió segítségével (mindkettőnél a potentialis különbség az energiaforrás) ezek az anyagok végre a növény testébe kerülnek. Úgy a levegő, mint a talaj anyaga mechanikus úton helyeződik át a növény testébe. Az összes elem közül főleg a három energiahordozónak, a hidrogénnek, oxigénnek és szénnek a sorsa a legfontosabb. E három elemet a Nap fényenergiája úgy kombinálja és úgy csoportosítja, hogy ezen munkája közben fény- (hő ?) energiáját kémiai energiává alakítja át, vegyületeket, építőköveket alkot. Ez az



17. kép. Az elemek egyetemes körforgalma.

asszimilálás; ennél a folyamatnál helyeződik át a Nap energiája a növény testébe. Ennek a chemoszintetikus munkának, ennek az energia megkötő endotherm folyamatnak első biztos terméke a cukor, látható szilárd terméke pedig a keményítő. De hogy a közbeeső folyamatok hogyan következnek egymásután, ezt már igazán nem tudjuk, úgy hogy a közbülső, egyszerűbb vegyületekre vonatkozó vélemények igen eltérők. Némelyek szerint ilyen egyszerűbb vegyület lenne a formaldehid, az oxalsav és a vajsav is. Bennünket ez a kérdés most csak annyiban érdekel, hogy a keletkezett vegyület milyen anyagokból áll. Ma már elfogadott igazság, hogy az asszimilálás első látható terméke egy szénhidrát, vagyis egy olyan vegyület, amely a három energia-

hordozó elem egymáshoz való igen bonyolult kapcsolatából épül föl. Ilyen első termék az egyes cukor (pl. szőlőcukor), amely lassanként komplikáltabb és komplikáltabb formába (di- és polyszacharidok) megy át és lesz belőle nád-, esetleg tejcukor és végül keményítő és cellulóze. Ezeket a vegyületeket nevezzük gyűjtőnevrükön: *szénhidrátoknak*. A talaj vízből és a levegő széndioxidjából tehát a Nap fényenergiája segítségével szerves vegyületek keletkeznek, amelyekben igen tekintélyes mennyiségű energia zsugorodik össze.

A növény teste azonban nemcsak szénhidrátokból áll, hanem zsirokból és fehérjékből is. A zsírok keletkezhetőségének az (szénhidrátból olaj lesz) alapja a szénhidrát. Szénhidrátból keletkezhet úgy alkohol (glicerin), mint szerves zsírsav. E kétféle vegyület egyesüléséből egy másik igen fontos energiahordozó új vegyület is keletkezhet, nevezetesen: a *zsír*. Amint a szénhidrátok, úgy a zsírok képződésében is csak a három energiahordozó elem és pedig a hidrogén, oxigén és a szén vesz részt. E három elemnek különféle kombinációjából épül föl úgy a szénhidrát, mint a zsír molekula.

A növény testében természetesen nemcsak építő, hanem romboló munka is folyik, amely munka alkalmával a három elem összetett vegyületeinek különböző bomlási termékeihez, vegyületeihez újabb elemek is csatlakoznak, amiáltal még összetettebb, komplikáltabb vegyületek keletkeznek. Így a nitrogén elem bekapcsolódása révén keletkeznek a fehérje molekula felépítésében fontos szerepet játszó aminosavak, purinbázisok, vagy a foszfor beépítésével a lecithin, a kén felvételével a cystin stb., sőt némely fém is csatlakozik ehhez a társasághoz. A vas például a carniferin felépítéséhez járul, míg a többi fém, mint a réz, magnézium, kalcium, nátrium, kálium stb. a többi szerves só megalkotásában segítékezik.

Ily bámulatos sokirányú kapcsolat révén épülnek föl a legegyszerűbb fehérjék, az aminosavak, majd ezekből a polypeptidek, peptonok, albumosék, különböző fehérjék és végül az *összetett fehérjék*. Nagyon természetes, hogy a növény testében ily módon felépült szénhidrát, zsír és fehérje molekula csak azokból az elemekből, építőkövekből épülhetett föl, melyek a talajból, illetve a levegőből kerültek a növény testébe. Az anyag mennyisége és milyensége továbbra is ugyanaz marad, csupán a megnyilatkozási formája lesz más. Azelőtt, mint különféle sók az ásványországnak voltak alkotórészei, most pedig belőlük, együttesen és harmónikusán megalkotódott egy új forma: *a növény*.

Ezen formaváltozással kapcsolatosan az anyagi részecskébe, az építőkövekbe rengeteg mennyiségű Nap-energia sűrűsödik össze, amely energiakészlet potentialis energia, tehát munkára képes. Csupán arról kell gondoskodni, hogy ez a raktározott energia fel is szabaduljon és munkát végezzen. Ezt a felszabadító munkát végzi el az *állati szervezet* akkor, amikor a növénytől átvett anyagok a lélegzés alkalmával a levegő oxigénjével, mint a legtipikusabb energiahordozó elemmel szorosabb érintkezésbe jutnak. Azt pedig már az előzőkből tudjuk, ha az oxigén a legtöbb testtel érintkezik, azt oxidálja, azaz elégeti. Minél több oxigén szükséges a valamely elégéshez, annál több energia és meleg szabadul föl, azaz annál több munka végezhető.

Mint hogy úgy a szénhidrátok, zsírok és fehérjék nagy mennyiségű potentialis energiát képviselnek és ha az állat ezeket felveszi, úgy a növényi anyagokban levő potentialis energia az állati testbe helyeződik át. A potentialis energia a lélegzéssel, tehát oxigénfelvétellel kinetikai, vagyis mozgási energiává és meleggé alakul. Ebből az energiakészletből jár, fut, okosodik, szóval mozgást végez az állat. Az energiafelszabadulás azonban igen lassan következik be.

Az állati szénhidrátok, mint például a glikogén (állati keményítő) és tejcukor egyszerűbb cukrokra, úgynevezett monoszacharidokra

(szőlőcukor) bomlanak, amelyek végül is — esetleg alkoholos vagy tejsavas erjedésen át — energiakészletük nagy részének leadásával vízzé és széndioxiddá bomlanak. Az így felszabadult víz és széndioxid azután ismét elfoglalja helyét az ásványországban, ahol a teljes körforgás újból megkezdődik. A szénhidrátok hasadásakor néha a metán ( $CH_4$ ) is hasadási termék lehet, de ennek az oxidációjából végül is csak víz és széndioxid lesz.

Hasonló sorsuk van a zsíroknak is. A zsírok a hidrolízis, vagyis víz felvétele alkalmával felbomlanak zsírsavakra és glicerinnre, amelyeknek teljes elégése után a végső termék ugyancsak a víz és a széndioxid. Ez a két vegyület is végül visszakerül oda, ahonnan a rendkívül bonyolalmas körútra elindult.

Sokkal körülményesebb az összetett fehérjék építőköveinek a helyreigazodása. Ezek néha igen hosszú és kacsaringós utat tesznek meg, de végül is mint egyszerű komponensek, mint építőkövek újból visszakerülnek az ásványországba. Az összetett fehérjék felbomlása több irányban is végbemehet. A cukorfehérjék hasadásakor az egyik komponens valamely cukor, tehát szénhidrát, míg a másik egy nitrogén tartalmú vegyület, a nucleinsav. A szénhidrátok sorsát és további széttagolását a fentiek után ismerjük, amennyiben ezek végső bomlási terméke is a víz és a széndioxid. A másik komponens a nucleinsav tovább hasad és pedig részint a nitrogént tartalmazó aminosavakra, majd purinbázisokra (húgsav), glicerinsírsavra és valamely egyszerű cukorra, monosacharidra. Ez utóbbi két vegyület sorsával már tisztában vagyunk. Ellenben az aminosavak még mindig elég összetett vegyületek, melyeknek még tekintélyes energiakészletük van. Ezek további bomlásából keletkezik a húgsav és húgyanyag. Mint ilyenek hagyják el az állati testet. Azonban a húgyanyag, a carbamid sem marad meg ebben a formájában. A levegőn, bizonyos baktériumok munkája révén tovább bomlik és bomlásának végső terméke a víz és az ammoniák. A víz továbbra is változatlanul marad, ellenben az ammoniák — amint fentebb láttuk — a nitrificatio révén felbomlik szabad nitrogénre és vízre. Ha a nitrificatio tovább tart, úgy a nitrogénből nitrtek és nitrátok képződnek, amelyeknek a sorsát már ismerjük, vagyis a nitrogén építőkö is visszahelyeződik oda, ahonnan a körforgást megkezdte.

A lecithin fehérjék hasadásakor úgynevezett foszfátidek, majd zsírsavak és glicerinfoszorsavak keletkeznek. Hogy a zsírsavakból és a glicerinnből mi lesz, azt már tudjuk (víz és széndioxid), míg a foszfátidek végső nevezetes hasadási terméke a foszforsav. A foszfor, foszforsav alakjában lépi át az ásványország küszöbét, mert a foszfor elem alakjában nem állandó. Mivel a glicerinfoszorsavban a cholin is szerepel, a cholin pedig nitrogént is tartalmaz, úgy ennek a sorsa is a fentiek után világos, mert hiszen ez is végül ammoniákká alakul. Ez utóbbiból pedig a nitrifikáló baktériumok munkája folytán szabad nitrogén, illetve nitrát lesz.

A nucleoproteidek hasadási terméke a nucleinsav, ennek pedig a széndioxid, víz, valamint a foszfát és nitrátion.

A festékfehérjék és nucleonok hasadási terméke a hämoglobin és a carniferin; ennek végső leválása a vasgalic ( $Fe_2SO_4$ ), amely már ebben a formában az ásványország alkotó eleme gyanánt szerepel.

Általános fehérjetermékek még a peptonok. Ezekből hasadnak le az aminosavak, többek között a cystin is. Ez utóbbi vegyület ként tartalmaz és így végső hasadási terméke a kénhidrogén, illetve a kén és a szulfátion, amely már a talaj tápláló anyaga.

A többi szerves elem, így például a klór, kálium, nátrium, magnézium, kalcium stb. a szerves sók felbomlásakor ismét a szervesetlen vegyületek alkotó elemévé lesz és így visszahelyeződik oda, ahonnan a körforgást megkezdte.

Amint tehát e kis vázlatból is látjuk, minden szerves elem teljes

körforgást végez a Természetben. A kiindulás az ásványországból történik, folytatódik a növény- és állatországban, míg végre minden elem visszajut oda, ahonnan a körforgásra elindult. És ez a körforgás szünet nélkül így tart már évmilliók óta és így is fog tartani mindaddig, míg a teljes kiegyenlítődés be nem következik. Az anyagnak és energiának ez a csodálatosan rendszeres körforgása a legszigorúbb törvények szerint folyik le. Egyformán engedelmeskedik ennek kivétel nélkül minden elem. És ez a megrendítő összhang, ez a csodálatos egység, ebben a szent fogalomban kristályosodik ki : Természet. Eszerint az élőtestrendszernek anyag és energia átformálók. A növény átformálja a Nap fényenergiáját hőenergiává, a széndioxidot és vizet szénhidráttá, az állatok a növényi testrendszert az oxidáció által kinetikai mozgási energiává, a tápláló anyagokat széndioxiddá, vízzé és húgyanyaggá. Az egész átalakulás kémiai folyamat és pedig: égés. Igen szépen fejezi ki ezt az örökös váltakozást, ezt a csodálatos összhangot Méhely L.<sup>1</sup> id. Entz Géza emlékezetére írott emlékbeszédében, amikor ezt írja: «S mivel élet van, halálnak is kell lennie, mert az egyik csak kiegészítője és szükségszerű következménye a másiknak, úgy hogy a kettő együtt alkot egy megbont-hatatlan egészet.

De valaminthogy a nagy mindenségben egyetlen új parány sem jöhet létre, úgy egyetlen meglévő sem mehet veszendőbe, mert minden, ami kezdettől fogva van és mindig is lesz, anyagában és állagában örök és halhatatlan; mindegyre változó, szét-szétbomló s újból összeillesz-kedő, de soha el nem pusztuló és el nem pusztítható.

Ennek okából a mi elköltözött társunk majdan elporladó teteme is részese lesz annak az örök körfolyamatnak, mely a holtanyagból az élet új föltételeit varázsolja elő s az ő testének szerteröppenő atomjai miriádnyi apró rezgéshullámban fognak feltámadni és tovább élni, talán ismét lüktetni és érezni is, hogy hirdessék a nagy és szent Ter-mészet örök harmóniájának fenségét és rendezettségének imádatos tökéletességét.

*Tehát örökös váltakozás, örökös formaváltozás, örökös csoportosulás és örökös szétbomlás; ez a Természet anyagának élete. Egyszer ásvány, máskor növény vagy állat, de sohasem állandó forma, örökké más és más.*

Növényi anyagból állatokat táplálsz,  
Növényt és állatot talajjá formálsz át,  
Az ily földből ismét növényt alakítasz,  
Csak formát változtatsz, lényeged ugyanaz,  
Körforgás van itt is örökké, ezt végzed  
— — — — — egységes Természet.

<sup>1</sup> Méhely L.: Id. Entz Géza emlékezete. Term.-tud. Közöny LII. k. 1920. 1.



#### IV. Az élet körforgása.

Az előzőkben a különböző *energia-fajok* egymásba való átalakulásával, majd e változások egyenértékével foglalkoztunk, utána pedig az *anyag* körforgását követtük lépésről-lépésre. Mindkét esetben arra a szükségszerű logikus konklúzióra kellett jutnunk, hogy az anyag és energia öröktől fogva van, anyag és energia nem termelhető, az anyag és energia mennyisége nem vesz el és hogy a mindenség anyag- és energia-készlete állandó. E vizsgálódásunk alatt azonban önkénytelenül is olyan jelenségekbe botlottunk, melyeket egy szóval az *élet* neve alatt foglalhatunk össze. Láttuk az ásványországnak *élő* növényé és *élő* állattá való átalakulását, amelyek végül ismét *életelen* elemekké formálódtak vissza. Itt tehát olyasvalaminek kell lenni, mely az anyagnak ezt a jellegzetes formáját megadja. A következőkben ezt a valamit, tehát az *életet* fogjuk megvizsgálni és pedig szigorúan egy olyan szemüvegen keresztül, melyet az előzőkből formáltunk lelki szemeink elé.

Az életet régebben, de még ma is igen sokan tisztán metafizikai úton próbálják magyarázni. E spekulatív magyarázatok alapja rendszeren egy anyagon kívül levő valami, egy erő, az ú. n. *életerő*, a *vis vitalis*. A vitalisták felfogása szerint ennek a különös erőnek lenne meg az a különleges hatalma és képessége, hogy szerves vegyületeket hozzon létre és szétbontson, ennek irányítására működne a szervek, ez fejlesztené ki a célszerű berendezéseket stb., stb. A modern biológusok ezzel az avult felfogással ma már azért sem foglalkozhatnak, mert a számtalan kísérletezés közben bármennyire is kutattak egy ilyen különleges erő után, egyetlen egy esetben sem akadtak rá, ennek a hatását egyetlen egy esetben sem tapasztalták. Helyette azonban mindenkor csak arról győződtek meg, hogy az élő testrendszerekben is ugyanazok az anyagok vannak meg és ugyanazon energiák működnek, mint az élettelen testrendszerekben. De tapasztalták még azt is, hogy a fizika és kémia törvényei, tehát a statika, mechanika, gázok, folyadékok, hő, fény, villamosság, elektrolytis dissociatio stb. törvényei egyetemesen és mechanikusan, nem pedig egy különleges irányító erő hatására működnek. Ez a sokirányú kutatás azután a bűvárokat arra az álláspontra juttatta, hogyha az élettudomány terén valóban értékes eredményeket akarunk elérni, akkor az életjelenségeket is ugyanazon módszerekkel kell vizsgálnunk, mint a szervetlen világ minden jelenségét. Ezzel azután az életjelenségek kutatásának a *módszere* is megállapított, mert az *életjelenségek*, ill. magának az életnek a *megismerése* ily módon az *anyag megismerésének* a *problémájává vált*. Az *életerőt* pedig, mivel kutatásaik közben ennek semmi néven nevezendő hasznát nem vették, sőt a kutatásban őket hátráltatta, ezért mint feleslegeset, vagy egyszerűbben, mint nem létezőt elvetették.

Ez az új irány máris igen értékes eredményeket vallhat magáénak, mert a kísérleti eljárásokkal számos olyan életjelenséget sikerült megértetni, melyek ázelőtt az ignoramus et ignorabimus birodalmába tartoztak.

Mielőtt az életjelenségeket, minden előítéllettől menten a maguk pusztá megjelenésében vizsgálónok, egy pillanatra mégis meg kell állnunk e problémánál és kutatnunk, vajjon mi lehet az oka annak, hogy a kíváncsi és gondolkodó emberiség e kérdésre már évezredek óta állandó és fokozódó érdeklődés mellett feleletet vár. A felelet igen egyszerű és érthető, mert hiszen ez a kérdés áll hozzánk legközelebb, ez érdekkel bennünket a legjobban, ez a kér-

dések örök kérdése, ez kullog utánunk mint valamely kísértet nap-nap után, állandóan a sarkunkon van, ez ösztönöz, hajt, úz a kutatásra és vezet bennünket a tökéletesedés felé. Ez az emberi tudás végső célja. Pedig az életről vallott különböző felfogás nemcsak a régmúltban, de a jelenben is embereket, sőt népeket és fajokat választott és választ el, ennek a kérdésnek van a legtöbb mártirja, ezért fizetett és fizet az emberiség legtöbb áldozatot, ez a gondolat pusztított ki fajokat és népeket, a nélkül azonban, hogy az egész emberiség e kérdés megoldása felé ezer és ezer év óta valami jelentősebb utat tett volna meg. Maga a tiszta tudomány és a tudni vágyó emberi elme csak azért foglalkozik e kérdéssel, hogy logikai gondolkodásának valami szilárd alapot teremtsen, hogy felépíthesse erre a Tudomány templomát és hogy ebben a maga szerény helyét is pontosan megállapíthassa. Az emberi elmének az ilyen feltevésekre azért is szüksége van, mert csakis ezek biztos ismeretében fogja megtalálni lelkének egyensúlyát, nyugalmaát és boldogságát.

*Mi az élet?* Ezt a fogalmat már csak azért is igen nehéz egységesen és röviden meghatározni, mert ez úgyszólván minden élő testrendszernek más és más. A baktérium élete egészen más, mint pl. az emberé. Dacára az óriási különbségeknek, mégis vannak bizonyos alaptulajdonságok és jelenségek, melyeket a Természet minden egyes testrendszerén egyformán észlelhetünk. Ezek közül a vitalisták egynehányat kizárólag a szerves testrendszerek számára próbáltak kisajátítani, azonban a modern biológia a bizonyítékok halmazával kimutatta, hogy ezek sem specialitások, ezek is az egyetemes Természetben egységesen előforduló sajátságok. A kísérleti élettudomány volt az, amely lerombolta és elsímította e hatalmas kínai falakat és egyenjogosította az élő és élettelen testrendszereket, úgy, hogy a két világ közötti átmenet most már igazán csak látszólagos, sőt néha észre sem vehető. A Természet anyagai, illetve testrendszerei, az elemek atómjaitól egész az emberig, egy egységes, összefüggő egészet alkotnak. A megkülönböztetést a könnyebb tájékozódás végett csupán az emberi értelem teszi. Igaz, hogy bizonyos jelenségek útját állják még a teljes magyarázatnak, de ezt csakis az élőanyag minőségéről és hatásáról való tökéletlen ismereteinknek tulajdoníthatjuk. «A vitalizmus még a legjobb esetben sem magyaráz meg semmit, a vitalis erő kifejezés tudatlanságra vall és nem visz minket a megismerés útján tovább. Éppen oly kevéssé oldhatjuk meg a talányt, ha a vitalizmus helyébe a *neovitalizmus* s a vitalis erő helyébe a *«bioenergia»* szót tesszük.»\*

De lássuk, melyek azok a sajátságok, melyeket a vitalisták az élő testrendszerek specialitásának tekintenek? Ami a szerves testek *épitőanyagát* illeti, erre vonatkozólag az anyag körforgásának ismertetése után senkinek sem lehet kétsége aziránt, hogy a szerves, tehát az élő testrendszerek az élettelen ásványország anyagából épülnek föl. Ha csak egyetlen egy búzaszemet vetek el a földbe, ebből negyven szem, majd ezekből 1600 szem lesz. Az 1600 szem búza anyaga pedig csakis a talajból és a levegőből, tehát a szertetlen világból kerülhetett a búzaszemekbe, vagyis az élettelen talaj élő búzaszemekké formálódott át. Hasonlóan a tojásból csirke, a csirkéből tyúk vagy kakas lesz, az anyagkülönbözöt itt a növényországból, esetleg a fenti búzaszemekből került ki. Az az anyag, mely az én éneket, agyamat, szívemet alkotja, egykor az ásványország anyaga volt és végül ismét oda fog visszajutni. A körforgás ezzel újból kezdődik. Számtalan példát lehetne

\* Schäffer : i. m.

itt még megemlíteni, de hiszen ez az egy-két példa is világosan mutatja, hogy a szerves testrendszereknek sem lehet más az anyaga, mint az ásványországé. *Az anyagot illetőleg tehát egész határozottan állíthatjuk, hogy abszolút semmi különbség nincs a szerves és szervesen testrendszerek között.*

A vitalisták szerint az élő testrendszerek legsajátabb tulajdonsága a mozgás. Mozog a ló, mozog a mimoza-növény, a baktérium, az améba, vagyis ezek mindegyikében élet van. Ez az élet azonban az egyiknél több, másiknál kevesebb összetevőből adódik. Azonban a mozgás sem kizárólagos sajátossága az élő testrendszereknek. Az améba mozgása pl. szigorúan fizikai jelenség, amely a felületi feszültség törvényei szerint következik be. A felületi feszültség alapján végbemenő mozgásokat a szervesen testrendszerek is tapasztalhatunk, pl. szappanbuborékon. A fizikusok, de még a biológusok is többször észlelhetnek ilyen mozgásokat, pl. olajcseppeken, szerves és szervesen vegyületek elegyén, kénesőcseppeken, stb. A mozgást előidéző ok mindkét esetben ugyanaz, t. i. vagy a felületi feszültség vagy a tömegvonzás. De hiszen — amint Schäffer (115. old.) mondja — erre a különös életnyilvánulásra, t. i. a mozgásra nézve a bizonyítékok láncolata már le van zárva, melynek alapján kimondhatjuk, hogy az *élőlények mozgásaira, az egysejtű améba, vagy a fehérvérsejtek amébaszerű helyzetváltozásaira, a véglények, vagy a csillós sejtek mozgásaira, az akarat uralma alatt álló izomösszehúzódásokra, vagy a lelkiélet minden izalmát oly finoman megérező emberi szív dobogására egyaránt a mechanika ugyanazon törvényei érvényesek, mint amelyek az élettelen anyagok mozgását szabják meg.* A mozgáshoz hasonló életjelenség a táplálkozás és növekedés is, de ezekről is kísérletileg kimutatható, hogy e jelenségek sem az élő testrendszerek kizárólagos sajátossága, mert ugyanezen folyamatokat az ásványországban is felfedezhetjük. A táplálkozás lényege az, ha valamely testrendszer a környezetéből anyagot vesz fel, ezt energiafejlődéssel átalakítja és a fölösleget önmagából kiküszöböli. Ez minden élő testrendszernek így van. Amint azonban Leduc fentjelzett és izgatón érdekes két könyvéből látjuk, ez az *életfolyamat* a mesterségesen előállított szervesen testrendszerek sajátossága is, mivel ezek is a környezetükből veszik fel a fejlődésükhöz szükséges anyagokat. *A felvett anyag, a felvett élettelen testrendszerben kémiaiilag meg is változik, az energiája szabadabbá válik és a fel nem használt maradék egyszerűen kiválasztódik.* A különbség tehát e tekintetben is csak látszólagos.

Mások viszont azt mondják, hogy az élő testrendszerben mindég van *fehérje*, míg az élettelenben soha. Erre csak azt lehet felelni, hogy akik ezt hirdetik, azok az életet *anyag*nak tekintik és az élet szintézisét összetévesztik a fehérje összetevésével. Ha sikerül is a fehérjét valaha előállítani, az egész biztosan holt fehérje lesz. *Az életet nem szabad összetéveszteni az anyaggal, mert az élet csupán az anyagnak egyik pillanatnyi állapota. Az élet nem egy, bizonyos anyag, hanem energiaátalakulás, egy fizikai, mechanikai és kinetikai jelenség, a különböző energianemek komplexuma.\** Ha tehát azt akarjuk, hogy az élet lényegét valahogyan is megsejtsük, úgy fel kell tennünk, hogy az élő testrendszerekben lefolyó fizikokémiai reakciók — melyek összessége maga az élet — teljesen azonosak azokkal, melyeket az élettelen világban is észlelhetünk. Ezek csoportosulása, egyesülése, egymásutánja, harmóniája és egymásra hatása eredményezik az *életet*. Hogy egy ilyen harmónia az élettelen anyagok között is előállhat, — az előzők után — nem látszik lehetetlennek. *Leduc osmotikus képletei* világosan mutatják, hogy ezek is

\* Ostwald : Grundriss der Naturphilosophie (Bücher der Naturwissenschaften).

ugyanazon anyagokból, tehát *vizből, karbonátokból, nitrátokból, foszfátokból, chloridokból és szulfátokból* képződnek, mint az élő testrendszerek.

Különségnek tekintik némelyek az élő és élettelen testrendszerek között azt is, hogy az élettelenekben nincs *szerves vegyület*, ez csak az élők sajátja, ilyet csak az élő testrendszer képes produkálni.

Sokan azt is szemére vetik a fizikokémiának, hogy még mindig nem sikerült neki az élet törvényeit megfejteni. E türelmetlenkedők elfelejtik, hogy ez a tudományág igen fiatal (kb. 60 éves) és ha ez még nem sikerült, ne a tudományt okoljuk érte. Aki ezt teszi, az olyan diákhhoz hasonlít, akinek nincs algebrai gondolkozása, aki nem tud valamely feladatot megoldani, de tudatlanságáért mégis az algebrát mint tudományt okolja. A modern biológus szerint az élet törvényeinek kutatására csakis két úton haladhatunk, ez a két út azonban egymással sohasem találkozhat. A kettő között nincs megalkuvás. Mert ha az élet jelenségeinek megértése megfejthetetlen, hozzáférhetetlen mélységes mély titok, akkor a biológiának, tehát az élet törvényeit kutató tudománynak nincs létjogosultsága. Már pedig az élet megfoghatatlanságát, kifürkészhetetlenségét hirdetni, de azt mégis szenvedélyességgel kutatni: egyszerűen badarság. A tudománynak feltétlen szüksége van egy ilyen vezérlő csillagra, amely felé törekednie kell. Határozott cél nélkül a tudomány csak ide-oda kapkod, bolyong. A határozott célt, a világító fix pontot *Wöhler* tűzte ki 1828-ban, amikor szervesen, a ciansavas ammoniumból szintetikusan az állati anyagforgalom egyik végső termékét, a húgyanyagot előállította. Ettől kezdve számos olyan szerves vegyületet sikerült szintetikus úton a laboriumokban előállítani, melyeket eddig csakis az élő testrendszerekből ismertünk. Ma már mesterségesen állítják elő az indigót, melynek első előállítása *Bayer* nevéhez fűződik, amely felfedezés nagyban hozzájárult Németország anyagi fellendüléséhez. *Fischer E.-nek* a formaldechydből szőlőcukrot sikerült készíteni. A zsírok alkotóelemeit, a glicerint és a zsírsavakat szintetikusan is elő lehet állítani. *Fischer Emil* a fehérjék alkotórészeit, tehát az aminosavak legtöbbjét, valamint a polipeptideket mesterségesen is előállította, amiért őt e rendkívül értékes tudományos felfedezéséért a *Nobel-díjjal* tüntették ki. Ha a kémiai tudomány ilyen rohamos léptekkel halad a kijelölt cél felé, remélhető, hogy egykor a szerves vegyületek legkomplicáltabbját, a fehérjevegyületeket is sikerül szintetikusan előállítani. Ha ez sikerül, úgy a táplálóanyagok legtöbbjét mesterségesen fogják előállítani. «Jelenleg csak a pénzkérdésen múlik, hogy a táplálóanyagokat szintetikusan is előállítsuk és hogy ezekkel az állati szervezetet tökéletesen táplálni tudjuk. A táplálóanyagok mesterséges előállításának a problémája ezzel teljesen megoldódik. Mi ezután olyan táplálóanyagokkal is tudhatnók állatainkat táplálni, melyeket a kémiai laboratóriumokkal állítottak elő.»\* Nagyon természetes, az emberi technika a Természettel *e tekintetben sem veheti fel a versenyt, a konkurrenciát, mert a Természet ezeket az anyagokat sokkal olcsóbban és egyszerűbben állítja elő. Az azonban, hogy mi a szerves vegyületeket a jövőben mesterségesen is előállíthatjuk, korántsem fogja jelenteni most már azt, hogy ezek után életet is tudunk mesterségesen előállítani. Ez sohasem fog sikerülni, mert az élet nem maga az anyag, hanem csak egy jelenség, az anyagnak egy ideiglenes állapota, illetve egyik mozgási formája a Nap energia rovására.* Vagy amint *Ostwald* mondja: «minden életfolyamat lényegében nem más, mint energiaátalakulás.»

Azonban az életjelenségek lényegének megsejtéséhez csak akkor

\* *Aberhalden E.* : *Synthese d. Zellbausteine in Pflanze u. Tief.* p. 108:

jutunk el, ha keressük az okokat, amelyek azokat előidézték. A modern biológia minden életjelenséget az erőközpontok fellépéséből, illetőleg azok egymásrahatásából magyaráz.\* *Faraday* volt az első, aki az erőközpont fogalmát az elektromosságra és mágnességre bevitte. A fizicizmus szerint minden mozgás, minden változás oka valamely erőközpont, melyek úgy centripetálisan, mint centrifugálisan hatnak. A szervezetben is ilyen erőközpontok vannak. Maguk az élőszervezetek legáltalánosabb formái sem mások, mint az erőközpontok kifejezései. A szimmetria viszonyok különösen jól mutatják ezen erőközpontok létezését. A növények egyes alakjain, pl. a kovamoszatok vázain, vagy a fák évgyűrűin, a tenyészőkúp sejtlefűződésin (inicial-sejt) mindenütt megláthatjuk az erőközpontokat, illetőleg azok hatását és működését. A tenyészőkúpban a *kezdősejt*-ből indulnak ki a *bőr*-(dermatogén) *alapszövet*-(periblema) és *edényfalászövet* sejtcsoportjai. A *mohok* kétmetszésű, a *harasztok* hárommetszésű vezéresejtjei szintén ilyen erőközpontnak tekintendő. A *gombák* lemezei is egy erőközpontból indulnak kifelé, úgyszintén a *vadgesztenye* *tokjának*, a *tüskéi* is. Ha pedig egy bizonyos erőközponttól több pont van egyenlő erőtávolságra, akkor azon pontok azonos potential-felületen vannak, amint ezt pl. a keményítő-szemecske rétegződésében tapasztalhatjuk. Nemesak a növényeken, hanem az állatokon is meg vannak az erőközpontok. A *radioláriákon* egyenesen csodálunk kell az erőközpontok munkáját, úgyszintén a *tengeri tüskésbőrűeken* is, hol az ötös szám, a *tömlőskön* pedig a négyes, illetőleg a nyolcas szimmetria az uralkodó. De magának a szervezetek legelembb alkotórészének, a sejtnak az élete is ilyen erőközpontok kölcsönös hatásán alapszik. A sejtek osztódása, a mag kromoszómáinak elhelyezkedése és a két pólus felé való vándorlása teljesen ilyen erőközpontok hatására történik. Az enemű fizikokémiai kísérletek azt mutatják, hogy ezen *életjelenségek* is szigorúan olyan fizikai törvények szerint folynak le, melyeknél a mozgás, az élet mindig valamely erőközpontból indul ki. Aki a modern biológusok (*Roux*, *Loeb*, *Driesch*, *Morgan*, *Przibram* stb.) enemű kísérleteit kritikailag értékeli, lehetetlen arra az eredményre nem jutnia, hogy az *élősejtek lényege csakis a dinamizmus és kinetizmus lehet*. Az élő testrendszer elemi alkotórésze, a sejt sem más, mint dinamikai központ, egy erőcentrum, az élő testrendszerek pedig ezen erőközpontok csoportjai és egyesülései, maga az élet pedig ezen erőközpontok kölcsönhatásai, melyekre a külső fizikai tényezők is hatást gyakorolnak. Az élő testrendszernek nincs egyetlen egy olyan működése sem, amely a külső tényezők közreműködése nélkül folya le.

Ha tehát mi az élő testrendszereket energetikai szempontból vizsgáljuk, úgy sokkal érdekesebb és értékeesebb megvilágításban látjuk azokat, mintha csak a pusztá, kinetikai energianélküli anyagot tanulmányoznók. Azért nem haladt eddig az élettudomány, mert az élet helyett a holt anyagot vizsgálták, az életet fenntartó mechanikai erők működésének tanulmányozását pedig elhanyagolták. Az élő testrendszerekkel való tudatos kísérletezés folytán egy egészen új, eddig sohasem remélt gyönyörű világ tárult föl szellemi szemhatárunkon. Azok, kik e kérdéssel nem foglalkoznak behatóan, azt is hihetik, mint Kolumbus, hogy itt csupán egy sziget felfedezéséről van szó, pedig valójában egy teljesen új, csodálatos világ van előttünk kibontakozásban. A tudósok azt sem tudják, mihez kezdjenek, mert mindenfelé szűz talaj fogadja őket. Az út és módszer pedig, amelyen át ezen új birodalomba el lehet jutni, egyes-egyedül : a szintetikus és logikus kísérlet.

\* Tangl F. : Energia, élet és halál. Term. tud. közl. 1915. 285 l.

## V. Összefoglalás.

Ezek szerint a Természetnek három attribútuma van, ú. m.: az anyag, az energia és az élet. A három közül mindegyik egy másik függvénye. Egyiket a másiktól elválasztani nem lehet. Dacára ezen kölcsönös függésnek, mégis mindegyik önmagában is egy teljesen zárt egység és mindegyik a maga körforgását külön-külön végzi. E körforgások mindegyike már időtlen idők óta így volt és ki merné még sejteni is, meddig fog tartani? Mi az előzőekben ilyen kérdések fejtegetésébe nem bocsájtkoztunk. Bennünket sem a múlt, sem a jövő nem igen érdekelt. Mi csak tudni akartuk mi van ma, mit láthat a figyelmes szemlélő ma és végül miben gyönyörködhet a Ma kíváncsi embere. Be akartuk mutatni a Természetet úgy, amint az a valóságban van, következtetéseinket is szigorúan a tényekre alapítottuk. Ami könnyen metafizikává válhatott volna, ami felett spekulálni is lehetett volna, azt egyszerűen mellőztük. Szétbontottunk, analizáltunk, mindennek az okát kerestük, mindent meg akartunk érteni, nem pedig csak megismerni. Mindent a fizika, kémia és a matematika szemüvegén át vizsgáltunk. De nemcsak a megnézés volt a célunk, hanem a törvényszerűségek meglátása is. Erre törekedtünk az anyag, az energia és az élet ismertetésénél is. Minthogy e három fejezet — amelyek mindegyike önmagában is egy kisebb egység — egymástól mintha elszigetelten állana, a következőkben megkíséreljük e három fejezetben foglaltakat egységesen úgy összefoglalni, hogy a három részletből a Természet harmónikus egysége domborodjék ki. Ez azonban csak akkor sikerül, ha a Természet legfontosabb jelenségeit egységes alapa vezetjük vissza.

A testrendszerek egyik legsajátabb tulajdonsága a mozgás. Minden test mozgását, — legyen az akár egy atomé, egy élő testrendszeré vagy egy égitesté — minden esetben egyetlen tényezőre, nevezetesen az energiára vezethetünk vissza. Energia nélkül nincs semmiféle mozgás. Fizikai energia végzi úgy az élő, mint az élettelen testrendszerek, vagy azok legkisebb részeinek az atomok és ionok mozgását is. Az élő és élettelen testrendszerek vagy azok részeinek mozgása között energetice semmiféle különbség nincs, mert a különböző energiafajok mindkettőnél egyformán hatnak és működnek. Tehát nincs egy külön energia, egy speciális erő, mely csak a szerves testrendszereket mozgatná és irányítaná és egy másik, ettől lényegében különböző, melynek csak az élettelen tárgyakra volna meg a hatása. Az ú. n. *vis vitalis*, vagyis az életerő felvétele misztikus, használhatatlan, mert alkalmazása spekulációra készíti az embert, már pedig a modern természettudományi gondolkodás alapja a logikus kísérlet, amely kizár mindenféle felesleges spekulációt. A vitalizmus alapja ma is ez a különös erő. Manapság is ez az uralkodó felfogás. Nagy a tekintélye, dacára, hogy eddig még egyetlenegy természeti törvényt sem sikerült vele megmagyarázni. Ha sikerült is néha valamely életjelenséget pontosan analizálni, ott mindig és kizárólag fizikai erő működött és sohasem lehetett az életerő állítólagos hatását konstatálni. Eddig a Természet minden megértett jelenségénél, minden kísérletnél csak fizikai energiát észleltek, amiből egész joggal, sőt kényszerítve is csak azt lehet következtetni, hogy az élő testrendszerek minden változását, tehát az életjelenségeket is ugyanazon egységes fizikai erő kormányozzák, mint az egész világegyetemet. Nincs kétféle erő, nincs az anyagtól is független *vis vitalis*, hanem igen is van egy egységes és egyetemes

*energia, amely mindennemű testrendszeren egyformán hat és működik.* Ez a megállapítás a modern természettudományi kutatás irányító vezércsillaga. Ez világítja be a kutatás útját, csak ez érthető meg velünk a Természetben található okozati összefüggéseket, ez igazít bennünket helyes irányba, ha valamely jelenséget értelmezni akarunk, ez ösztönöz a kutatásra, mert sejtetni engedi, hogy általa újabb és újabb, előttünk eddig ismeretlen törvényszerűségeket érthetünk meg, ennek segítségével érthetjük meg a Természetben található egyensúlyt. Ellenben, ha már előre belenyugszunk abba, hogy az előttünk ismeretlen, titokzatos és számunkra jelenleg érthetetlen jelenségeket valami életerőféle irányítja, akkor már előre le is mondtunk a tudomány fejlődéséről, bevallottuk, hogy amit jelenleg nem értünk, azt nem is érdemes kutatni, hiszen az eredményt már előre tudjuk. *A modern természettudomány kizárólag a tapasztalati tényekből indul ki és a vitalizmussal szemben határozottan hangsúlyozza, hogy amint az élő testrendszerek anyaga csakis az ásványország anyagából kerülhet ki, ehhez hasonlóan bennük és rajtuk teljesen azonos energiatípusok vannak, azonos fizikai és kémiai törvényszerűségeik folynak le, mint amilyenek a szervetlen testrendszerekben.* A különbség csupán ezen energiatípusok egyesülésének módjában, csoportosulásában és ezek harmóniájában keresendő. A biológia feladata mindég annak megállapítása lesz, hogy a mechanikus, tehát fizikai és kémiai törvényszerűségeik milyen hatással vannak az élőszervezetekre és hogy ezen plasztikus testek a különböző energiatípusokra hogyan reagálnak. Az eredményt rendszeresen magunk előtt látjuk, ellenben az okot, mely ezt az eredményt létesítette, fáradságos munkával kell kifürkészniünk.\* Tapasztaljuk pl. azt, hogy a zöld növényzet mintegy a röptében ragadja magához a Nap kisugározta energiát, absorbeálja a vörös- és narancsszínű sugarakat, ezzel redukálja a levegő széndioxidját úgy, hogy a szén megköti és az oxigént felszabadítja. Tudjuk azt is, hogy ez a fényenergia a növény testében mint kémiai energia halmozódik fel, amely energia az oxidáció által kinetikai vagy mozgási energiává, illetve hőenergiává alakul át. Azonban hogy ez a sorozatos energiaátalakulás hogyan történik, ezt még minden részletében nem ismerjük. De éppen ebben van a biológia feladata, hogy e rejtett okozati összefüggéseket felfedje és megértse. Egyszerűbb és könnyebb volna a feladat akkor, ha csak egyféle energiatípus lenne, de, amint a dolgozat legelején láthattuk, az energiának éppen az a sajátja, hogy a különböző megjelenési formákba könnyen átalakulhat, egy-egy helyen csak rövid ideig tartózkodik. A növényben a Nap fényenergiája kémiai energiává, majd ez az élő testrendszerekben mechanikai munkává, villamossággá, fénné és végül hővé alakul át. Tehát az energia először a Naptól jön mint fényenergia, míg legvégső formájában mint hő sugározódik ki. *A bennünket éltető energia is a Naptól származik és miután bennünket egy röpké ideig éltetett, mint sugárzó energia folytatja útját a mindenség felé.*

A Nap minden energiának az ősforrása, minden mozgást, minden jelenséget, akár közvetlen vagy közvetve, a Nap energiájára lehet visszavezetni. A napfény változtatja át az ásványt növényre és állattá, ez teszi «élővé» az anyagot, ez életet, ezáltal gondolkozunk, ez formálja virágossá a Föld arculatát, ez az oka az örök változatosságnak, ez minden szépnek kútfeje, ez tesz mindent örök széppé, ez hozza létre a virágot, ez az örök jóság, amelynek kegyéből élünk, ez az élet létezőségének első feltétele.

\* *Loeb, S. : Vorlesungen über die Dynamik der Lebenserscheinungen. Leipzig, 1906. p. 4.*

Minden szépnek, igaznak és jónak, minden reánk nézve hasznosnak kiapadhatlan ősforrása a Nap. Nem is csoda, hogy az ősember, de még a mai természeti népek némelyike is, mily nagy áhítattal és imádatlalt tekint e jótékony energiaforrásra; ettől remél minden jót, ezt tekinti Istenének. Ha csak tisztán energetikai szempontból tekintjük a Napot, tehát csupán úgy, mint egy energia-rezervoirt, akkor is mély áhítattal és megilletődéssel kell reá feltekinenünk, mert minden, ami Földünkön történik, az csakis az ő közreműködésével történhet. Ha ilyen meggondolással nézzük a Napot, úgy a természeti népek ősztonszerű, valamint a modern természet-imádók tudatos Nap-kultusza nemcsak szép, de logikailag is teljesen érthető.

Az energia útját a Napból kiindulva a növény- és állatországán át, majd vissza a végtelenségbe, grafikailag is ábrázolhatjuk. A Nap fény-energiája a végtelenségből jön a Földre, de nem az összes energia, hanem annak csak 2300 milliomod része köttetik meg. Amint a Földre jut, itt érintkezik az anyaggal, azzal társul, a növényzet zöld klorofillje az anyaghoz kapcsolja, majd azzal bensőleg is egyesül. E pillanattól kezdve az anyagot mint hűségees útítárs el nem hagyja. Közös körforgásuk eredménye: az



18. kép. Az energia körforgása.

élő növény. Eme közös körforgás után a röptében elkaptott Nap-energia az állati testrendszerbe helyeződik át. A körforgás itt megismétlődik, de az állati körforgás alatt felszabaduló energia most már mint sugárzó meleg a végtelenségbe tér vissza. Az egész folyamatot a 18. kép elég világosan szemlélteti.

Az itt vázolt kapcsolatból, mely a Nap fényenergiája és a Föld anyaga között van, jönnek létre azok az anyagi társulások, azok az energiát bőven tartalmazó vegyületek, melyeket mi egyszerűen a növényi tápláló anyagok nevéen foglalhatunk össze. Az ilyen anyagokból, tehát a szénhidrátokból, zsírokból is fehérjékből épül föl a növényi és az állati testrendszer. E testrendszerek anyaga ezek szerint nem lehet más, mint az az anyagkomplexum, amelyhez a Napenergia hozzátapadt, vagyis az élő testrendszerek is ugyanazon elemekből épülnek föl, mint amilyenekből az ásványvilág áll, nevezetesen: szén, oxigén, hidrogén, nitrogén, foszfor, kén, nátrium, kálium, magnézium, vas, klór és ezeken kívül az ásványországnak több más eleme. Ez utóbbiak az élő testrendszerekben már csekélyebb mennyiségben fordulnak elő.

Az élő testrendszereket főleg négy vegyületcsoport alkotja. Az első a szénhidrátok csoportja (cukrok, keményítő, cellulose), melyekben csak



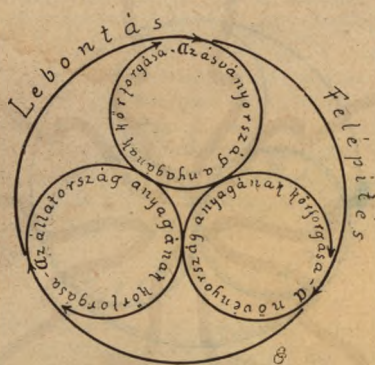
három elem és pedig a szén, hidrogén és oxigén van egymással igen komplikált kapcsolatban. A második a zsírok csoportja. Ezek is az előbbi három energiahordozó elem másnemű kapcsolataiból formálódnak. A harmadik csoportba a fehérje-vegyületek tartoznak, melyek az említett három elemen kívül még nitrogént, esetleg ként (v. tin, alliszulfid), foszfort (nucleinsav) és vasat (hæmoglobin) is tartalmazhatnak. A negyedik csoportba a különböző sófélék tartoznak, mint pl. a konyhasó, kalciumfoszfát és karbonát, nitrátok, szulfátok, széndioxid és végül a víz. Régebben az élő testrendszerek eme vegyületeit egészen különös sajátságokkal ruházták föl, ezekhez kötötték az élet karakterisztikumát és az élettelen ásványi vegyületektől mély szakadékokkal választották el. A szerves és szervesetlen vegyületek megkülönböztetése innen származik. A szerves vegyületek képzésében mindég egy különös erőnek, az ú. n. vis vitalisnak a közreműködését vélték. Ma azonban már tudjuk, hogy a szerves vegyületek egyáltalán nem hordozzák magukban az élőanyagok jellemző sajátságait. A szerves vegyület még korántsem élőanyag, dacára, hogy élő testrendszer állította elő. Szerves vegyületeket laboratóriumokban is készíthetünk, éppen úgy, mint pl. a növény. A két vegyület tulajdonságai között absolute semmi különbség nincs, amiből logikusan azt kell következtetnünk, hogy a szerves vegyületek az élő testrendszerekben is ugyanazon fizikokémiai törvények szerint képződnek, mint a laboratóriumokban. Az pedig, hogy egyes szerves vegyületek szintézise még nem sikerült ez a dolog lényegén nem változtat; ennek azonban nem az életerő kifürkészhetetlensége az oka, hanem egyrészt a technika fejletlensége, másrészt a kémiai tudomány fiatalsága. «Sind wir denn auf dem falschen Wege? Ist die Art, wie wir die Natur fragen nicht die richtige? Verstehen wir ihre Antwort nicht?» kérdezi *Max Verworn*. Nem. Mi igenis helyes úton járunk, mi tisztán látjuk magunk előtt a célt, amely felé törekednünk kell, mi helyesen kérdezzük a Természetet és meg is értjük annak feleletét, amely így hangzik: az élő testrendszerek kémiai vegyületei és az ásványország vegyületei között csak formai és nem lényegbeli különbség van.

A növényország anyaga, tehát a növény teste az ásványországból kerül ki. Innen közvetve vagy közvetlen az állati testrendszer alkotórészévé válik. A talaj anyagai, így a különböző nitrátok, szulfátok, karbonátok, foszfátok, kloridok és a levegő széndioxidja a növény testébe jutnak, ahol ott asszimilálódnak. Az asszimiláláskor tapad hozzájuk a Nap fényenergiája, ez teszi az elébb még élettelen anyagot élővé. A növény testében a Nap fényenergiája az anyaghoz köttetik, miközben kémiai energiává alakul át. *Mayer Róbert*, ki az energia megmaradása elvének érvényességét az élő szervezetekre vonatkozólag először diadalra juttatta, e rendkívül fontos folyamatot így jellemezte: A Természet feladatává tűzte ki a Földre áramló fényt röptében megragadni és az összes erők legmozgékonnyabbját merev alakká formálni, felraktározni. Ennek a célnak elérése végett a földkérgét élő szervezetekkel népesítette be, amelyek élve a napfényt magukba veszik és ezzel az erő felhasználásával a kémiai különbségek folytonos mennyiségét hozzák létre. Ezek az élő szervezetek a növények. A növényvilág oly tartályt alkot, amelyben a röpke napsugarak rögzítődnek és kihasználás céljából felhalmozódnak.\*

A növény teste tehát az energiagyűjtő, a szintetizáló testrendszer, míg a felszabadítás, a szétदारabolás a mikrobák, illetőleg az állati testrendszer

\* Mágocsy: A növények táplálkozása. 371. old.

sajátsága. Az állati testrendszer az oxigén felvételekor, tehát a lélekzés alkalmával az energiát tartalmazó vegyületeket szétbontja, egyszerűsíti azokat; a víz, szén-sav, valamint a többi elem — természetesen vegyületek alakjában — kiküszöböltetik, miáltal az ásványország elemei kiindulási helyükre visszakerülnek, a nyers építőkövek helyrerakódnak és ezzel a körforgás újból kezdődik. Ezek szerint az élő testrendszerek anyaga az ásványországból származik és végezetül ismét ebbe tér vissza. Az ásványország anyaga örökös körforgásban van, az ásványtól a növényig, a növénytől az állatig és az állattól az ásványáig. E nagy körforgásban egyszer ásványi, máskor növényi, majd pedig állati formát vesz fel. Csupán a formája változik, a mennyisége örökre állandó. Az engem formáló anyag, tehát a húsmat, csontmat, szívemet és agyamat alkotó anyag, mielőtt engem megformált, ki tudná megmondani előttem milyen testrendszerek anyaga volt, micsoda élő és élettelen testrendszerek felépítésében segédkezett? De ki merné még sejteni is, ha majd engem elhagy, ha majd a testem alkotó építőköveire bom-



19. kép. Az anyag körforgása.

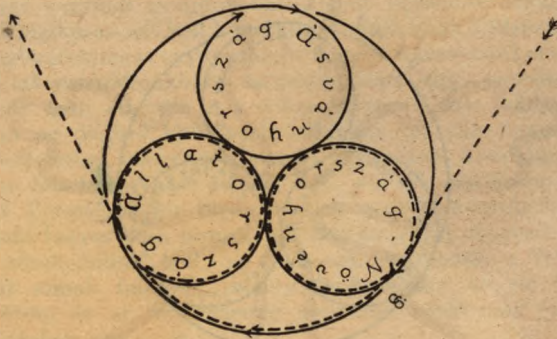
lik szét, hová fog akkor vándorolni, hány virág felépítésében fog akkor részt venni, hány-szor lesz még a legkülönbé-  
 líbb állatok tápláléka, hány-szor fog még vándorolni egyik lényből-a másikba? A felelet erre igen egyszerű: ez a nagy körforgás örökös. Az anyag örökké vándorolni fog egyik testrendszerből a másikba. E szakadatlan váltakozásban szüntelenül az életet hordozza önmagában és pedig az ásványországban potenciális, az élő testrendszerekben pedig aktuális állapotban.

Az anyagnak ezt az egyetemes és e mellett hárm-as körforgását szemlél-tetve is kifejezhetjük és pedig a következő módon. (19. kép.) Az ásványország anyaga önmagában is egy zárt körforgást végez. E körforgáson kívül azon-ban az egyetemes anyagforgalomban is résztvesz. Az ásványország anyagá-ból és a Napfény energiájából formálódik a növényzett.

A növényországnak is meg van a maga sajátlagos zárt körforgása. Ez azonban az anyagnak már a második körforgása. Ennek befejezése után a növény anyaga és a benne felhalmozott energia az állati testrendszerbe tevődik át, ahol úgy az anyag, mint a vele társult Napenergia újból egy teljes körforgást végez, de úgy, hogy ezen harmadik körforgásnak utolsó fázisa már ismét az ásványországban folyik le.

E fenti cikloid görbéből nemcsak az anyag egyetemes körforgása világlik ki, hanem az a szoros kapcsolat is, mely a három ország között van. Amint a rajz is mutatja a három kör egymást kölcsönösen érinti. Ez azt akarja jelenteni, hogy pl. az állat- és növényországoknak a valóságban is van olyan érintkezési pontja, amelyről még ma sem tudják eldönteni vajjon ezen legegyszerűbb szervezetek melyik országhoz tartoznak. Ezeket a szervezeteket általában a Protisták neve alatt foglalják össze.

Ha az energia körforgását az anyagéval hasonlítjuk össze, azonnal lényeges különbséget állapíthatunk meg. Míg az fényenergia a Napból, tehát a végtelenségből jön és csak itt a Földön csatlakozik az anyaghoz, de utána ismét a végtelenségbe távozik, addig az anyag állandóan a Földön marad, itt végzi örökös egyetemes és hármas körforgását és pedig egyszer ásvány, majd növény és végül állat formájában. Amíg a Nap fényenergiája az állati és növényi testrendszerekben szakadatlanul működik, addig az a testrendszer él. Ha azonban ez a folytonosság tartósan megszakad, ha arról a testrendszerrel minden kapott energia visszatér a végtelenségbe, ha az



20. kép. Az élet körforgása.

a testrendszer kinetikai energiáját, aktualitását elveszti és ha a helyzeti energia lesz benne az uralkodó, akkor az anyag ismét élettelené, vagyis a Természet egyszerű építőkövévé válik. Élete csak akkor lesz, ha benne a Nap fényenergiája folytán újból a mozgási energia dominál.

Magának az életnek a körforgását pedig így ábrázolhatnók. (20. kép.)

Ezek szerint az élet körforgása sem lehet más, mint az anyagnak az energiával való kapcsolatos és állandó körforgása. Az élet anyag és energia nélkül el nem képzelhető. Minden életjelenség, minden változás kizárólag az anyagnak és energiának örökös átalakulása vagy annak eltolódása. Amint a tér és az idő, úgy az anyag és energia körforgása, de maga az élet körforgása is folytonos.

Az élő testrendszereknek az a sajátosságuk, hogy a testüket alkotó anyagot önmagukban kémiaillag folyton változtatják. E változtatás a felvétel pillanatától a kiürítés pillanatáig szünet nélkül tart, úgyhogy a kiürített anyag molekuláris összetétele egészen más, mint a felvetté. Nagyon természetes, ez az anyagváltozás mindég energiaváltozással van kapcsolatban. A növényekben az ásványi anyagok szerves vegyületekké, összetettebb molekulájú testekké alakulnak át. Az átalakítást a Nap fényenergiája végzi. Ez halmozódik föl a különböző vegyületekben.

Ellenben az állatok és a mikrobák az organikus, tehát összetettebb vegyületeket változtatják át egyszerűbb molekulájú testekre. A növény igen egyszerű vegyületeket vesz fel és ezekből igen komplikáltakat készít, míg az állat ezen komplikáltakat veszi fel, az oxidáció folytán szétbontja és csak mint igen egyszerű vegyületeket küszöböli ki önmagából:

A növények a Nap sugárzó energiáját kémiai energiává változtatják át és azt önmagukban fölraktározzák. Ha pl. 100 szem búzát és 100 szem búzából kifejlődött búzanövényt elégetünk és ha a nyert hőmennyiségeket kalóriákban kifejezve összehasonlítjuk, úgy a különbségben meg fogjuk kapni a napfény által adott hőenergiát kalóriákban kifejezve. Ezt a kapott és gyűjtött energiát használja fel az állati testrendszer. Ebből végzi minden életnyilvánulását, innen származik a mechanikai munka, fény, elektromosság és meleg. Meleg alakjában sugárzik ki a végtelenségből jött fényenergia ismét a végtelenségbe. Az élő testrendszerek e szerint nem mások, mint az anyagnak és energiának átalakítói, transformátorai. Anyag és energia csak átmenetileg tartózkodik az élő testrendszerekben. Anyaguk és energiájuk szünet nélkül változik. Itt nincs pihenés, itt nincs nyugalom egy pillanatra sem. Állandó építés és rombolás, örökös gyűjtés és felhasználás. Ez jellemzi az élő testrendszereket. Az életfolyamatok szigorúan az egyetemes fizikai és kémiai törvények szerint folynak le; úgy hogy egész joggal azt is mondhatjuk, hogy az élet lényegében véve fizikai jelenség. Hiába próbálták és próbálgatják még ma is az életet a többi természeti jelenségtől elválasztani, hiába veszik fel a misztikus életerőt, hiába kutatnak egy olyan ismertetőjel után, mely az élő testrendszerekre abszolút jellemző volna, ez sohasem fog sikerülni. Az élet a Természet egyetemes törvényeinek és azok csodálatos harmoniájának szükségszerű alkotórésze. Az élet egy periodosus fizikokémiai jelenség.

\*

Ha az elmondottakra egy futó pillantást vetünk, úgy az egészről csupán egyetlen egy gondolat kristályodik ki: a *Természet egysége*. Ennek az egységes gondolatnak érvényesülését tapasztaltuk úgy az anyag, energia, valamint az élet körforgásának tárgyalásainál. Láttuk, hogy a körforgások nemcsak önmagukban külön-külön folynak le, hanem közösen is, mert a Természet e három attribútuma a legszigorubb harmoniában van egymással. Tárgyalásainkban szigorúan a valósághoz alkalmazkodtunk. A jelenségek értelmezésénél nem szorultunk az életerőre, amely — amint láttuk — sehogysm illik bele a Természet egységének egyetemes érvényű fogalmába. Mi a jelenségeket mindég egyetemes és egységes szempontok szerint vizsgáltuk, bennük azonban sohasem tapasztaltunk mást, mint az anyagnak és energiának állandó változását.

Természet egysége! ez a modern biológiai tudomány sziklaszilárd alapillére, ezen nyugszik ma a természettudomány temploma.

Természet egysége! ez az a fényesen világító szövétnék, mely a kutatás útját bevilágítja, ez magasztosítja fel előttünk a Természetet.

Természet egysége! ennek a tudata termékenyíti meg a léleket, ennek meglátásában lehet valaki igazán boldog, ennek a segítségével értjük meg mindennek, ami a világon van, az okát és törvényszerűségét.

Természet egysége! ez a modern természettudomány hitvallása és törvénykönyve. A Természet egységének tudata kell, hogy eltöltse úgy az egyént, mint a nagy tömegek lelkületét, valamint erkölcsi és társadalmi életét.

# TARTALOM.

	Oldal
<b>I. Bevezetés</b> .....	5
<b>II. Az energia körforgalma</b>	
1. A fontosabb energiafajok az élő testrendszerekben. Alapfogalmak	7
2. Helyzeti és mozgási energia .....	10
3. Villamos energia .....	16
4. Hőenergia .....	20
5. Fényenergia .....	24
6. Kémiai energia .....	28
7. A különböző energiafajok egymásba való átalakulása .....	31
<b>III. Az anyag körforgalma</b> .....	33
1. A hidrogén körforgása .....	34
2. Az oxigén körforgása .....	35
3. A szén körforgása .....	39
4. A nitrogén körforgása .....	44
5. A foszfor körforgása .....	46
6. A kén körforgása .....	48
7. A járulékos elemek körforgása .....	50
8. Az anyag egyetemes körforgása .....	51
<b>IV. Az élet körforgása</b> .....	56
<b>V. Összefoglalás</b> .....	61



Kiadja: Dr. GREGUSS PÁL

★

FRANKLIN-TÁRSULAT NYOMDÁJA