

any

CALILEI FÜZETEK



40881

STROPHANTUS

BEVEZETŐ AZ
ÉLET KÉMIÁJÁBA

-6.SZ. 5.EZER. ÁRA 40 FILLÉR

HALADÁS
KÖNYVKIADÓ
VÁLLALAT
KIADÁS

240881

R
1977

M. TUD. AKADÉMIA KÖNYVTÁRA
Könyvt. 4448 / 1960. sz.

Az életvegytan olyan ága a kémiának akár a kaucsukkémia vagy a festékek kémiája. De míg ez utóbbiak problémái csak a szakembert érdeklik, addig az élet kémiájának elemi ismerete minden igazi műveltség egyik alapjának tekintendő. Ez a tudományág mindenekelőtt azért tarthat általános érdeklődésre számot, mert problémái mindenki számára egészen közelfekvők: az, hogy olyan keveset törődnek velük, épp azért van, mert tulságosan gyakran merülnek fel az emberek előtt s már egészen megszokták, hogy semmitse értsenek belőlük. De az érdekességen és szükségességen kívül van még egy körülmény, amely kívánatosná teszi, hogy ebből a tudományból némi ismereteink legyenek. Ha valamilyen más, magában véve érdekes és hasznos tudományt nem ismerünk, ha például nem ismerjük a fény fizikáját, vagy nincsenek fogalmaink a festékek kémiájáról, az mindenesetre hiánya tudásunknak; de nem tudhatunk mindent. Hanem a fénytannal vagy a festékkémiáról legalább nincsenek előítéleteink, ezekről nem gondolunk ki semmi ostobaságot, nem is akad senki, aki ezekre vonatkozó hamis tanokkal félre akarna vezetni minket. Az élettannál máshogy áll a dolog. Az emberi gondolkozás nem tudja elviselni, hogy lépten-nyomon lássa az élet, a saját élete problémáit anélkül, hogy *valahogyan* értelmezze őket; ennél fogva kiki a saját fantáziája szerint mindenfélét kigondol az életről, a halálról, az öröklésről, a betegségekről és így tovább, legtöbbször persze helytelenül. Ehhez járul még az, hogy az emberek gondolkozásának igen hatalmas irányítói: az egyház és a legtöbb iskola ezen a téren tudatosan, mesterségesen terjesztenek hamis tanításokat. Az eredmény az, hogy a tudásnak alig van területe, amelyben több előítélet gátolná a tiszta látást, mint az életről szóló ismereteink közt.

Sorra venni ezeket az előítéleteket s egyenkint cáfolgatni azokat, fáradságos s amellet sikertelen munka volna: más, új előítéletek maradnának lehetségesek. Sokkal biztosabb ezekre való tekintet nélkül az élettudomány alaptanait, úgy ahogy azokat a szakszerű természettudományi kutatás megállapította, ismertetni: ezek tudása *semmiféle* helytelen ítéletet nem fog megengedni.

Ez a kis könyv az élet jelenségeinek fizikai-kémiai leírását adja. Emellet a benne szereplő kémiai fogalmakat külön megmagyarázza, úgy hogy a szakismeretekkel nem rendelkező olvasó is nehézség nélkül megérthesse.

Az élőanyag összetétele.

Fizika és kémia.

Az élettelen világgal foglalkozó természettudományt két részre osztjuk: fizikára és kémiára; bizonyos jelenségekről azután azt mondjuk, hogy azok fizikai jelenségek, másokról, hogy kémiaiak. Ez a megkülönböztetés mesterséges és semmiképen sem vihető szigorúan keresztül. Egyelőre elégedjünk meg azzal, hogy azt mondjuk: a fizikai jelenségeknél a testek *egyik-másik* tulajdonsága megváltozik, a többi minden egyéb sajátsága azonban változatlan marad; kémiai változásnál az abban részt vevő testek *összes* sajátságai átalakulnak. Így ha egy toll az asztalról leesik, az fizikai folyamat; a tollnak csak a föld középpontjához való helyzete változott meg, összes többi sajátságai változatlanul maradtak. Ha azonban egy bombát ejtünk le, akkor a fizikai folyamatot kémiaiak is kísérik: a dinamitból egészen más sajátsággal bíró gázalaku testek keletkeztek.

A jelenségek ilyen kétféleségének alapját könnyen felismerjük, ha azokat a molekula-elmélet szempontjából vizsgáljuk meg. Ez az elmélet abból a feltevésből indul ki, hogy a testek nem egyenletesen töltik ki a teret, hanem számtalan igen kicsiny részecskéből, a molekulákból állanak. Ezek a részecskék oly kicsinyek, hogy semmiféle eljárással láthatóvá nem tehetők; de ha így közvetlenül nem észlelhetők is, létezésükre annyi sokféle jelenség mutat, hogy ma általánosan reálisan létezőknek tekintetnek. A különböző testek molekuláinak számát, nagyságát, súlyát kiszámították; a molekulák közötti vonzó és taszító erőket, a molekulák mozgását, azok sebességét a fizika és a kémia megtudta határozni.

Az anyag szerkezetéről ennyi a mi céljainkra elég és most térjünk vissza a fizika és kémia megkülönböztetésére. A molekula-elmélet alapján egyszerűen azt mond-

juk : a testekben végbemenő változások egy része olyan, hogy közben a molekulák helyzete, mozgása, távolsága, egyszóval a molekulák egymáshoz való viszonya megváltozik (anélkül, hogy az egyes molekulák maguk megváltoznának). Ezek a változások fizikaiak. Bizonyos változások azonban magára a molekulára is kiterjednek, a molekula még kisebb részekre, az atomokra eshetik szét, más molekulákkal nagyobb molekulákká egyesülhet és így tovább. Világos, hogy ezek az utóbbiak általában mélyreható változások, ilyenkor a testek összes sajátságai megváltoznak; ezek a kémiai változások. A valóságban persze mindkétféle változás egymás mellett egyidejűleg történik, mert mindenféle fizikai változással ha kismértékben is, mindig kémiai változás is jár.

Kémiai statika és dinamika.

A kémiai vizsgálat mindig két részre osztható. Először meg kell vizsgálni a rendszer kémiai *összetételét*: hogy micsoda anyagokból áll, hogy milyenek ezeknek a sajátságai és hogy milyen viszonyban vannak egymáshoz ezek az anyagok a rendszerben. Azután meg kell vizsgálni azokat a kémiai *változásokat*, amelyek ezek között az anyagok között lefolynak. Az előbbi eredménye a vizsgált rendszer statikája, az utóbbi eredménye a rendszer dinamikája.

Az élő szervezetek, amelyeknek összetételével és változásaival foglalkozni fogunk, tudvalevőleg sejtekből és a sejtek között több-kevesebb élettelen anyagból vannak összetéve; az élő-anyag a sejt. Az élet kémiája annak a sajátságos anyagkomplexumnak a kémiája, amelyet sejtnak nevezünk.

Egy növény vagy állat kémiai összetételének megvizsgálása lényegében ugyanolyan természetű feladat, akár egy közet összetételének megállapítása. Ez bizonyára egészen természetesnek tűnik fel a laikus előtt, ha egy élettelen, meghalt növényről vagy állatról

állítjuk, pedig ugyanaz áll az élő sejtre is. Utóbival szemben a következő kérdés merülhet fel: a kémikus, mikor valamely anyag vegyi összetételét vizsgálja, éppen e vizsgálat folyamán sok olyan hatásnak teszi ki (savval vagy luggal, magas hőmérséklettel kezeli s így tovább), melyek azt, ha élő, feltétlenül elpusztítják; ilyenformán a kémikus mindig az élettelen lényt vizsgálja meg; lehet erről joggal az élő sajátságaira következtetni? A kérdés egybeesik azzal, hogy miben különbözik kémiailag az élő szervezet a meghalttól. Hogy a *különbségeket* felismerhessük, ismerjük meg előbb azokat a sajátságokat, amelyek élőben és élettelenben nyilvánvalóan *azonosak*.

A tömeg megmaradása.

Ilyen mindenekelőtt az élő szervezetek tömege. A kémianak alaptörvénye, hogy a testek tömege állandó marad, bármilyen változáson menjenek is azok keresztül. Ezt úgy kell érteni, hogyha különböző anyagokat egy edénybe elzárók, ezekkel az elzárt anyagokkal bármit csinálhatok, lehűttem vagy felmelegíthetem, megfagyaszthatom vagy elpárologtathatom őket, elektromos áramot vezethetek rajtuk keresztül, összenyomhatom vagy kiterjedni engedhetem azokat és így tovább, a tömegük (amelyet súlyukkal mérünk) mindezeknek a végén is pontosan akkora lesz, amekkora az elején volt. Ennélfogva a kémikus által az élettelen szervezeten mért súlyadatok minden további nélkül az élő szervezetre is vonatkoznak. Ugyanigy vagyunk a szervezetek elemi összetételével is.

Az elemek változhatatlansága.

A kémia, mint tudjuk, az anyagok között vegyületeket és elemeket különböztet meg. A földön található számtalanféle anyag vizsgálatakor kiderült ugyanis, hogy azokból, eredeti összetételükben bármennyire is különbözzenek egymástól, nem nagyszámu, összesen

mintegy 80 olyan test állítható elő, amelyeket tovább nem lehet egyszerűbb testekre bontani. Ebből a 80 *elemből* vannak összetéve az összes általunk ismert testek; a testek tehát vagy elemek vagy ezeknek az elemeknek vegyületei. Az elemek maguk semmiféle eljárás útján nem alakíthatók át egymássá vagy új elemekké. Ezen törvény alapján, amelyet számtalan, az átalakításra irányuló kísérlet sikertelensége bizonyít, az élettelen szervezet *elemi* összetétele pontosan ugyanaz, mint az élőé; a kémikus bármit csinálhat az élő anyaggal, mindig ugyanazokat az elemeket fogja benne találni.

Kémiai analízis.

A kémiának azt az ágát, amely valamely anyag elemi összetételének ki-
puhatolásával foglalkozik, analitikai (elemző) kémiának nevezik. Az elemi összetétel vizsgálatánál az illető anyagot bizonyos sorrend szerint különböző eljárásoknak vetik alá (kiizzítják, elégetik, feloldják, bizonyos ismert anyagokkal: reagensekkel kezelik stb.), miközben a benne elemi alakban vagy vegyület alakjában jelenlevő elem valamely jellemző tulajdonságát elárulja. A natriumelemnek például, amely igen elterjedt a természetben, az a sajátja, hogy lángba tartva, azt sárgára festi; ha tehát valamely anyagnak a lángba tartott próbája azt sárgára festi, akkor tudjuk, hogy az natriumelemet tartalmaz. Az ilyen eljárás során először az illető anyag minőségi összetételét állapítjuk meg: azt, hogy milyen elemekből áll; azután egész sora következik a különböző eljárásoknak annak a meghatározására, hogy ezek az elemek milyen abszolút és viszonylagos mennyiségekben fordulnak elő a kérdéses anyagban. (Quantitativ analízis.)

Elemek.

Az elemek legtöbbje szabad elemi állapotban ritkán vagy egyáltalában nem fordul elő a természetben. Ezeket, ha szükségünk van rájuk, vegyületeikből kell előállítanunk. Némelyek viszont

errengeteg mennyiségben vannak elemi állapotban is jelen. Ilyenek a nitrogén (kémiai jelzése : N) és az oxigén (O), melyek a föld atmoszférájában, a levegőben 4 : 1 térfogatarányban keveredve, elemi alakban vannak jelen. A hidrogén (H) elemi állapotban alig fordul elő a természetben; az oxigénnel vegyülve, mint víz (H_2O) $\frac{4}{5}$ -öd felületét borítja a földnek.

Az élettani kémia számtalan analizise azt mutatta, hogy *bizonyos elemek* minden élő sejtben jelen vannak és hogy a különböző szervezetek sejtjeiben ezeknek csak a mennyisége változik. Ezek az elemek a *szén, nitrogén, kén, hidrogén, oxigén, foszfor, klór, kálium, nátrium, magnesium, calcium, vas*. Ezeknek a vegyületein kívül, amelyek minden sejtben jelen vannak, némely sejt vegyületeiben kis mennyiségekben található a *silicium, fluor, bróm, jód, aluminium, mangan* nevű elemek is.

Ezen elemek viszonylagos mennyiségeinek megitélésére tájékoztatóul lássuk egy emlős állat összetételét. (Az ember összetétele is egészen hasonló.)

I. Táblázat.

Szarvasmarha elemi összetétele.

	500 kgr testsúlyból	kgr
szén	---	117'089
hidrogén	---	45'700
oxigén	---	268'412
nitrogén	---	13'300
kén	---	0'906
foszfor	---	3'990
chlór	---	0'294
calcium	---	7'500
magnesium	---	0'254
kalium	---	0'846
nátrium	---	0,540
vas	---	0'139
silicium	---	0'030
		<hr/>
		459'000
	Béltartalom	41'000
		<hr/>
		500'000

Vegyületek.

A 80 eddig ismert elem majdnem mindegyike bizonyos körülmények között egy vagy több más elemmel vegyülni képes. Ez a tény fogalmat nyújthat a természetben talált és mesterségesen előállítható vegyületek beláthatatlan számáról.

Hogy a vegyület fogalmával tisztában legyünk, mindenekelőtt meg kell azt különböztetnünk a keveréktől. Ha két különböző elemet összehozunk, azok csak bizonyos körülmények között fognak vegyülni egymással, egyébként változatlanul maradnak meg egymás mellett. Például, ha hidrogént tartalmazó edénybe oxigént bocsátunk, akkor közönséges hőmérsékleten és nyomáson azok nem vegyülnek egymással; a kémikus könnyen meg tudja állapítani, hogy a két elem elemi állapotát változatlanul megtartotta. A vegyülés csak akkor fog bekövetkezni, ha a gázkeveréket magas hőmérsékletre hozzuk, (ha azt meggyújtjuk.) Az így keletkező vegyületben, a vízben a hidrogén és oxigén nem tartották meg elemi sajátságaikat: a víz minden sajátsága más, mint a gáz-elegy volt. A két folyamat között, a keveredés és vegyülés között nincsen átmenet; a kettő egymástól élesen elválik. A *keveredés* abban áll, hogy az elemek *változatlanul* maradt molekulái egymás között elkeveredtek; a *vegyülés*, hogy azok egymással *új* molekulákká alakultak, egyesültek.

A súlyviszonyok törvénye.

A vegyületek alaptörvénye az, hogy a bennük levő elemek súlyának viszonya állandó. Míg a keverék az elemek különböző viszonylagos mennyiségeit tartalmazhatja, addig a vegyület összetétele állandó.

Igy például a víz az alkotó elemeit minden körülmények között olyan mennyiségekben tartalmazza, hogy egy gr. hidrogénre 8 gr. oxigén jut. Ha valamely

hidrogén-oxigén gázelegyből vizet akarunk készíteni, akkor bármilyen arányban elegyítettük is a gázokat, mindig csak annyi víz képződik, amennyi az elemeket 1:8 súlyarányban tartalmazhatja; a feleslegben volt gáz elemi állapotban visszamarad.

A vegyületek molekulái aszerint, hogy hány atomot tartalmaznak, különböző fokban *összetettek*. A konyhasó például igen egyszerű vegyület, két elemből áll, nátriumból (Na) és chlórból (Cl), melyeknek egy-egy atomját tartalmazza. A kémikus a konyhasót a rövidség kedvéért így jelzi: NaCl. A víz molekulájában két atom hidrogén és egy atom oxigén van; jele H_2O . A kénsavmolekula már jóval összetettebb, 2 atom hidrogént, 1 atom ként (S), 4 atom oxigént tartalmaz: H_2SO_4 . Az SO_4 (sulfát) elemcsoport, mely nem önálló vegyület, sok más vegyületben is szerepel; az ilyen elemcsoportokat gyököknek nevezzük. A sulfát-gyöknek egyéb vegyületei például a keserűsó ($MgSO_4$) (magnesiumsulfát), gipsz ($CaSO_4$) (calciumsulfát) stb.

A vegyületek fajai.

A molekuláris szerkezet hasonlóságára és különbözőségére alapítva, a kémia a vegyületeknek különböző típusait írja le, hogy a tájékozódást a vegyületek rengetében megkönnyítse. Bizonyos vegyületeket közös néven sóknak neveznek, másokat közös néven szénhidrátoknak, ismét másokat alkoholoknak és így tovább. Egy-egy csoport olyan vegyületekből áll, amelyeknek a viselkedése bizonyos hasonlóságokat mutat. E vegyületcsoportok közül azokkal, amelyek a sejt életében fontossággal bírnak, érdemes lesz megismerkedni.

Az összes vegyületeket két nagy csoportba osztjuk: a szerves (organikus) és szervetlen (anorganikus) vegyületek csoportjába; mindkét csoporton belül számos vegyülettypust különböztetünk meg. A szerves

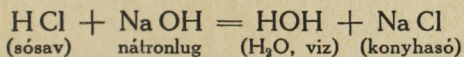
vegyületek, amelyek, mint nevük mutatja, az élő szervezetek világában nagyon el vannak terjedve,* a szénnek vegyületei, hidrogénnel vagy hidrogénnel és még más elemekkel, leginkább oxigénnel és nitrogénnel. Az összes többi elemek vegyületeivel az anorganikus kémia foglalkozik. Az anorganikus vegyületek legnagyobb részének molekulája aránylag egyszerű: kevés elemből, kevés atomból áll; legfontosabb vegyülettípusai a savak, a lúgok és a sók.

A *savak* legkönnyebben arról ismerhetők fel, hogy vizes oldatuknak savanyu íze van. Ezenkívül természetesen sok közös sajátságuk van, így az, hogy bizonyos festékkoldatok színét egyformán változtatják meg (például a kék lakmuszt megvörösítik), hogy mindegyikből hidrogéngáz fejleszthető és így tovább. Ezek a közös sajátságok a molekuláris összetétel következő hasonlóságán alapulnak: a savak valamennyien a hidrogénelem vegyületei, valamely más elemmel vagy elemcsoporttal. Így a sósav molekulájában egy atom hidrogén egy atom chlórral van egyesülve (HCl), a salétromsav molekulájában egy atom hidrogén a NO_3 (nitrát) elemcsoporttal (HNO_3), a kénsav molekulájában két atom hidrogén a SO_4 (sulfát) elemcsoporttal (H_2SO_4) stb.

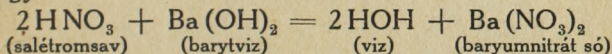
* Régebben a szerves és szervetlen vegyületek között lényeges és alapvető különbséget gondoltak. Azt hitték, hogy szerves anyagokat csak az élő szervezet képes létrehozni az ugynevezett „életerő” segítségével. Ez a felfogás már akkor hibásnak bizonyult, midőn Wöhlernek sikerült az első szerves vegyületet, a huyanyagot mesterségesen előállítani. Azóta a szerves vegyületek minden csoportjáról bebizonyították, hogy keletkezésükben semmiféle életerőnek nincs szerepe. A legkomplikáltabb szerves vegyületek is épp olyan vegyületek, mint az egyszerűbb szervetlenek, a különbség csupán annyi, hogy — éppen bonyolultabb voltuknál fogva — nehezebb az előállításuk. Ahol nem az életjelenségek vegytani leírásáról van szó, hanem pusztán a vegyületek kémiájáról, ott nem is beszélnek organikus vagy szerves vegytanról, hanem a szénvegyületek kémiájáról.

A *lugok* közös tulajdonságai közül legfeltűnőbb sajátosságos *lugos izük* s bizonyos festékoldatok színére való hatásuk (a vörös lakmuszt megkékitik). A különböző *lugok* molekulájának közös alkatrésze a HO (hydroxyl) elemcsoport; a nátronlug ennek az elemcsoportnak vegyülete a nátrium elemmel (Na OH), a baritviznek nevezett lug két HO elemcsoport vegyülete a baryum elemmel (Ba [OH]₂) stb.

Ha sav és lug egymásra hatnak, akkor viz és só keletkezik. A kémikus ezt a folyamatot következőképpen ábrázolja:



vagy



A sóknak nevezetes közös sajátosságuk az, hogy vizes oldataik az elektromosságot jól vezetik. A tiszta viz az elektromos áramot igen rosszul vezeti; maguk a sók tiszta, szilárd állapotban hasonlóan rossz vezetők. Ha azonban valamilyen söt vízben oldunk, akkor a viz elektromos ellenállása sokkal kisebb lesz, vagyis jó vezetővé válik. Ennek a jelenségnek értelmezése céljából a kémia az ugynevezett elektrolytes disszociáció elméletét alkotta meg. Ez az elmélet azt tanítja, hogy a sómolekulák egyrésze vizes oldatban sajátosságos állapotban van; két részre, két atomra vagy atomcsoportra oszlik, amelyeknek egyike pozitív, másika negatív elektromos töltéssel bír. Az ilyen elektromos töltéssel ellátott atomot vagy atomcsoportot *ionnak* nevezzük és azt mondjuk, hogy például a konyhasó (Na Cl) vizes oldatban natriumionokra (Na⁺) és chlorionokra (Cl⁻) van disszociálva. Az elektromos áramot már most az oldatban az ionok elektromos

töltései szállítják és ezért az oldat annál jobban vezet az áramot, minél több iont tartalmaz. A tiszta desztillált víz igen rosszul disszociál: átlag minden tízmillió H_2O molekula közül csak egy bomlik szét hydrogenionokra (H^+) és hydroxylionokra (OH^-). A sók különböző mértékben, de általában sokkal jobban disszociálnak, ha vízben oldjuk azokat; ez azt jelenti, hogy a sómolekulák nagy százaléka, 50—90%-a nem mint molekula, hanem mint két ion komplexuma van jelen az oldatban. A savak és a lugok is jól disszociálnak. Minden sav molekuláinak egy része pozitív töltésű hydrogenionra és negatív töltésű más ionra bomlik; a savak összes jellemző közös tulajdonságai a hydrogeniontól erednek. A lugok közös jellemző ionja a negatív töltésű hydroxylion (OH^-), a másik, a pozitív ion, lehet bármilyen elem vagy elemcsoport.

Szerves vegyületek.

A szénnek az a sajátja van, hogy igen összetett, nagy molekulájú vegyületeket képezhet. Egy-egy ilyen komplikáltabb szerves vegyület molekulájában 6—7 különböző elem lehet együtt; ezek az elemek bizonyos elemcsoportokká egyesülve kapcsolódnak egymáshoz úgy, hogy egy molekula több elemcsoportból áll. Egy és ugyanazon elem atomjainak száma egy molekulában több száz lehet, mert ugyanaz az elem különböző elemcsoportokba foglalva sokszor fordulhat elő a molekulában.

A kémia eddig több mint százezer különböző szerves vegyületet ismer; a sok típus közül, amelyekbe ezeket beosztja, az élettani kémiában a *fehérjéknek*, a *zsiroknak* és a *szénhidrátoknak* van legnagyobb jelentőségük.

A szénhidrátok és a zsirok szénből, hidrogénből és oxigénből álló vegyületek, de ezen elemek atomjainak száma és csoportosulása egészen más a szénhidrátmolekulában, mint a zsirmolekulában. A szén-

hidrátmolekulában a hidrogén és az oxigén aránya olyan, mint a vízben, vagyis két atom hidrogénre egy atom oxigén jut. Egy igen fontos szénhidrát, a szőlőcukornak molekulája például 6 szénatomból, 12 hidrogénatomból és 6 oxigénatomból áll: $C_6H_{12}O_6$. A nádcukor, malátacukor és tejcukor molekuláris összetétele $C_{12}H_{22}O_{11}$; ezekből bizonyos eljárások útján víz felvétele közben két molekula egyszerűbb szénhidrát állítható elő (l. 25. o.). Még összetettebb szénhidrátok a keményítő, glycogen, cellulose, a legkülönbözőbb növényi és állati sejtek alkatrészei.

A zsirok, amelyek, mint mondtuk, szintén szénből, oxigén- és hidrogénből álló vegyületek, úgy vannak összetéve, hogy molekulájukban egy glicerín-molekula ($C_3 H_5 [O H]_3$) valamilyen zsírsav-molekulával ($C_n H_{2n} O_2$) van egyesülve. A legelterjedtebbek azok a zsirok, amelyek zsírsavjában n értéke 15 (pálmaolaj), 16, 17 (állati zsír).

A fehérjék. Mig a szénhidrátok és a zsirok bizonyos sejtekben egyáltalában nem, vagy csak időnként és csak bizonyos körülmények között vannak jelen, addig a fehérjék kivétel nélkül minden sejtnak alkotórészét teszik; ezért a fehérjéket az élőanyag specifikus alkotórészének tekintjük. Minden fehérje szénből, hidrogénből, kénből nitrogénből és oxigénből áll, némely fehérje molekulájában ezeken kívül phosphor vagy vas is van. Ezeknek az elemeknek atomszáma és elrendezése a molekulában azonban még nincsen teljesen tisztázva, dacára az erre irányuló analízisek rendkívüli nagy számának. A bizonytalanság oka pusztán az, hogy ezek a vegyületek az összes eddig ismert vegyületek között a legbonyolultabbak. Ez azonnal érthető, ha tudjuk, hogy az eddigi analízisek szerint a fehérjemolekula mindenesetre több száz és némely fehérjemolekula talán ezernél is több

atomot tartalmaz. Amit a fehérje kémiai összetételéről már eddig tudunk, annak a lényege a következő: A fehérjemolekula (mint a magasabb szénhidrát-molekulák is általán) sok kisebb egyszerűbb molekulából összetettnek tekinthető. Bizonyos kémiai hatásokra a *fehérjemolekulából* kevesebb atomot tartalmazó, egyszerűbb vegyületek: *peptonok*, ezekből ismét még egyszerűbb és már jól ismert összetételű vegyületek, az *aminosavak* keletkeznek. A fehérjemolekula tehát sok különböző aminosav-molekula komplexuma. Ilyen aminosavak mesterséges egyesítése után a fehérjének több közvetlen bomlástermékét mesterségesen elő is állították már, amivel a fehérje előállítására elvileg megoldottak tekinthető.

Kolloidok. A fehérjék vízben általában oldhatók, azonban vizes oldatuk sok tekintetben különbözik egyéb anyagok vizes oldatától; a fehérjefélék oldatát (és még sok más anyagét, köztük az összetettebb szénhidrátokét) kolloidoldatnak nevezzük, megkülönböztetésül a valódi oldatoktól. A kolloidoldatok sajátságai legegyszerűbben abból érthetők meg, hogy az *azokban oldott részecskék aránylag igen nagyok*. A valódi oldatokban, mint tudjuk, az oldószer molekuláit az oldott test molekuláitól semmiféle nagytól sem tudjuk megkülönböztetni; a kolloidoldatban levő részecskék azonban elég nagyok ahhoz, hogy ultramikroszkóppal láthatóvá legyenek. Az ilyen mikroszkópon át a szabad szemnek teljesen egynemű folyadékban számtalan igen kis részecske figyelhető meg: egy vagy több egymáshoz tapadt molekulák képei. A kolloidok molekulájának nagyságával függ össze az a sajátságuk is, hogy oldalaikban csak igen lassan, bizonyos hártályakon keresztül pedig egyáltalában nem diffundálnak. Ha egy valódi oldatban levő anyagot (például konyhasóoldatot) pergamenthártályával elzárt

csöbe öntünk s a csövet tiszta vízbe állítjuk, akkor egy-két óra múlva az oldott anyagot (a konyhasót) kívül is ki lehet mutatni; az oldott natriumchlorid-molekulák áthatoltak a pergamenthártya finom lyukacsain, átdiffundáltak. Ha egy fehérje-oldattal végezzük ezt a kísérletet, a fehérjét napok múlva sem sikerül a külső vízben kimutatni, ami annak a jele, hogy a nagy kolloid-részecskék a hártján nem voltak képesek átjutni.

A fehérjék, szénhidrátok s még némely más anyag kizárólag kolloidállapotukban ismeretesek. Bizonyos különös eljárásokkal azonban *bármely* kémiai test kolloidmódosulata előállítható.

Kémiailag a fehérjeféléket nagy labilitásuk jellemzi: azt értjük ezen, hogy ugy fizikai állapotuk, mint kémiai összetételük külső hatásokra könnyen megváltozik. Látni fogjuk, hogy a fehérjefélék e sajátsága milyen nagy fontossággal bír az élet kémiai folyamataiban.

A kolloidok sajátságaival a kémiának egy legujabban nagyrafejlődött ága, a kolloid-kémia foglalkozik; e tudományág fejlődése nagyfontosságú az élettan haladása szempontjából, mert az élő-anyag legfontosabb alkotórészei a kolloidtestek közé tartoznak.

A szénhidrátokon, zsirokon és fehérjéken kívül még igen sok szerves vegyület jelenlétét mutatták ki a sejtekben és ezeknek a vegyületeknek száma egyre nő. Jórészt az ismertetett három nagymolekulájú típus bomlástermékei ezek, amelyek azoknak a sejtben lefolyó kémiai változásai során keletkeztek. Némely sejtekben állandóan jelen vannak, másokban sohasem fordulnak elő; az illető sejt háztartásában nagy jelentőségük lehet, de részletezésük számunkra, akik a sejtélet *általános* kémiájával foglalkozunk, elhanyagolható.

Egy másik csoportja a sejtekben talált egyéb szerves vegyületeknek az ugynevezett lipid-anyagok.

Ezek meglehetősen összetett, de jórészt már kiderített szerkezetű szénvegyületek, melyeknek az a közös sajátságuk van, hogy zsirokban vagy a zsirok oldószereiben jól oldódnak. Ezek a vegyületek (a lecitin, a cholestearin, a cerebrin stb.) majd mindenféle sejtől előállíthatók; aránylag nagy mennyiségben vannak az idegállományban.

A különböző vegyületek mennyiségi viszonyának megítélésére tájékozóul szolgáljanak a következő adatok:

II. táblázat.

Ember fehérvérsejtjeinek összetétele. 1000 gramm szárazanyagban (amely az összes víz elpárologtatása után visszamaradt) van

	gramm
fehérjék	480.24
zsir	143.83
lecithin	
cholestearin	74.00
cerebrin	51.99
natriumchlorid	4.34
calciumphosphát	2.05
magnesiumphosphát	1.13
vasphosphát	1.06
egyéb phosphátok	9.16
natrium	0.68
kalium	nyomok
oldhatatlan anyagok	205.66
kivonható anyagok	44.33

III. táblázat.

Az emberi test tartalmaz

67.6%	víz
15.2%	fehérjét
4.9%	fehérje hasadási termék
2.5%	zsirt
0.6%	kivonható anyagot
9.2%	sót

Visszatérés
egy kérdésre.

Láttuk, hogy az élőanyag micsoda vegyületekből van összetéve, megismertük nagyjából ezeknek szerkezetét és fizikai sajátságait. Ezen ismeretek birtokában most már visszatérhetünk arra a kérdésre, hogy a kémikus által vizsgált élettelen sejt összetétele mennyiben és mennyire azonosítható az élőével. Mint láttuk, az anyag némely sajátsága (a tömege; az *elemi* összetétele) a kémia tanítása szerint minden körülmények között változatlan marad; ezek a sajátságok tehát az élettelenen megfigyelve minden további nélkül azonosíthatók az élővel. Hogy áll azonban a dolog az élő anyag *vegyületeivel*? Bizonyos-e, hogy az élettelen anyagban talált vegyületekből van az élő is összetéve? Hiszen tudjuk, hogy a vegyületek többé-kevésbé könnyen más vegyületekké alakulhatnak, elemeikre bomolhatnak, összetettebb vegyületekké egyesülhetnek. És éppen a sejt vegyületei között vannak olyanok, amelyekről kiemeltük, hogy egyéb vegyületeknél sokkal változékonyabbak. Ha ezek a sejt elpusztulása közben megváltoztak, nem lehetséges-e akkor, hogy az élőanyag összetétele egészen más volt, mint az, amit a kémikus megvizsgált?

A felelet erre a következő. Mindenekelőtt már eddig is sikerült a sejt legtöbb vegyületét az élősejtben vagy élőszervben is kimutatni, még pedig olyan eljárással, amely a sejtet nem pusztította el. Miután így számos vegyületről kiderült, hogy azok az élő és élettelen sejtben egyaránt megtartották szerkezetüket, azt a tanulságot vontuk le, hogy a sejt elhalása kémiailag éppen nem mélyreható folyamat, hanem ellenkezőleg, hogy az csak nagyon jelentéktelen kémiai változásokból állhat. E változások jórészt a nagyon labilis fehérjékre vonatkoznak, azonban ezek fizikai állapotára és kémiai összetételére is csak

jelentéktelen hatással vannak. Persze a halál után mind mélyrehatóbb változások észlelhetők az elpusztult sejten; ezek azonban csak lassan, fokozatosan és nagyobbreszt külső behatásokra (mikroorganizmusok) jönnek létre. Maga a halál, a sejt kémiai *stabilitását* alig változtatja meg, csak úgy, mint ahogy egy óra kémiai összetétele sem változik meg, ha szerkezetét s ezzel együtt a működését egy kerék eltörésével elrontottuk.

Az élő anyag kémiai változásai.

Azok a különbségek, amelyek élő és élettelen anyag között vannak, sokfélék. Az élő az élettellel szemben bizonyos szerkezeti, alaki sajátságok jellemzik, az élő szervezetek továbbá növekednek, szaporodnak, mozognak, ingerelhetők és így tovább. Valóban: ezek a sajátságok így együtt *csak* élő szervezeten észlelhetők; ha azonban egyenként vizsgáljuk meg azokat, akkor egyrészt azt találjuk, hogy mindegyikük bizonyos mértékben *élettelen* anyagoknál is előfordul és hogy másrészt akármelyikük hiányozhatik is az *élő* szervezetek sajátságai közül. Így például a fizikai, kémiai és morfológiai szerkezet nem jellemző az életre, mert a halál után bizonyos ideig ezek a sajátságok az élettelen szervezetben is ugyanolyanok maradnak, mint voltak az élőben. A mozgás, a növekedés stb. viszont nem élő testeken is tapasztalható.

Az életre *bizonyos fizikai és kémiai változások*, ezen változások egymásutánja és egymáshoz való viszonya jellemző. Ha egy élő sejttel tökéletesen egyező fizikai és kémiai összetételű mesterséges sejtet állítanak elő, akkor ezt csak az esetben nevezhetnők élőnek, ha ebben a fizikai és kémiai folyamatoknak

ugyanaz a sajátságos egymásutánja játszódna le, minőt az élőben tapasztalunk. Ez esetben azonban a joggal neveznök élőknek akkor is, ha az ugynevezett életjelenségek egyikét vagy másikat nem észlelhetnök más rajta.

A változásoknak az előre jellemző rendszere az élő sejt anyagcseréje. Az anyagcsere olyan folyamatokból áll, amelyeket egyenként és külön-külön az élettelen világgal foglalkozó kémia is jól ismer; ezeknek a folyamatoknak csak az összefüggése, a sorrendje az, ami sajátságos és jellemző az élő sejtre. A dolog itt is úgy áll, mint a kémiai összetételnél láttuk: az élő anyag kémiai részei, elemei és vegyületei nem élő anyagokban is megtalálhatók mind, de valamennyien együtt ebben az elrendezésben és ebben az állapotban, csakis a sejtekben vannak meg. Az élő szervezetekben lefolyó kémiai változások rendszere is csak olyan értelemben sajátságos és jellemző az életre, mint ahogy a gyufa lángjában lefolyó kémiai változások rendszere sajátságos és jellemző a gyufa lángjára. Ami az ilyen különös kémiai rendszerek között is, mégis különálló helyet juttat az élősejt rendszerének, az kizárólag az, hogy ennek a folyamatai végtelenül összetettebbek, mint akármely egyéb rendszeréi, amelyet a természetben egyebütt találunk vagy mesterségesen előállítottunk.

Hogy a fizikai és kémiai változásoknak abba a komplikált összefüggésébe, amelyet az élő sejt anyagcseréjének nevezünk, bepillantassunk, előbb meg kell ismerkednünk a kémiai reakciók általános sajátságaival.

A kémiai reakció.

A kémiai reakció olyan változás, amelynek folyamán az abban szereplő testek *molekuláris összetétele* megváltozik, tehát amelyek során elemekből vegyület (például: chlóról és hidrogénből sósav: $H + Cl = HCl$), vegyületből elemek

(például: vízből hidrogén és oxigén: $H_2O = H_2 + O$) vagy vegyületekből más vegyületek keletkeznek. Bizonyos körülmények között a legtöbb test (elem vagy vegyület) a legtöbb más testtel (elemmel vagy vegyülettel) reakcióba léphet; ebből nyilvánvaló, hogy a lehetséges kémiai reakciók száma kiszámíthatatlanul sok. Ezen reakciók legnagyobb része azonban az általunk alkalmazni szokott hőmérsékleteken és nyomásokon csak igen kis mértékben folyik le, (ami azt jelenti, hogy az összes lehetséges reakciók egy nagy részénél hosszú idő múlva is csak igen kevés anyag alakul át). A *praktikusan* számbajövő reakciók száma nem olyan nagy, hogy a kémia kutatásai elől rejtve maradhattak volna; ma már a kémia ezeket többé-kevésbé ismeri.

Egy kémiai reakció ismerete a következőket foglalja magában: ismernünk kell a reakcióban átalakuló és keletkező testek összetételét és egyéb saját-ságaikat; ismernünk kell azokat a súlyviszonyokat, amelyekben egymásra hatnak; a reakció sebességét vagyis az időegység alatt a reakció folyamán keletkező anyagok mennyiségét (hogy a reakció folyamán egy óra alatt hány gramm új anyag keletkezik); ismernünk kell a reakció egyensúlyát; és végül azokat az energia-változásokat, amelyek a reakcióval járnak. Ezeket a fogalmakat a szén elégésének példáján, amely élettanilag is egyike a legfontosabb reakcióknak, fogjuk bemutatni.

A szén elégésének azt a kémiai reakciót nevezzük, amely abban áll, hogy a szén elem (C) egyesül az oxigén (O) elemmel szénsavvá (CO_2). E reakcióról tudjuk, hogy ennek folyamán mindig egy atomsúly szén (12 g) 2 atomsúly oxigénnel ($2 \times 16 = 32$ g) egyesül egy molekulasúly (44 g) szénsavvá; a reakcióban szereplő három testnek fizikai és kémiai saját-ságait jól ismerjük.

A reakció sebessége.

Ennek a reakciónak a sebességéről és azokról a körülményekről, amelyekről az függ, szintén elég részletes és kvantitatív ismereteink vannak; így tudjuk, hogy a szén elégésének sebessége, vagyis az időegység alatt keletkező szénsav mennyisége *alacsony hőmérsékleten* igen kicsiny, úgy hogy például a közönséges hőmérsékleten levegőben (tehát oxygent tartalmazó térben) tartott szénből hosszú idő múlva is csak igen kis mennyiségű szénsav keletkezik. *Magasabb hőmérsékleteken* a bizonyos idő alatt keletkező szénsav mennyisége mindig több és több, a reakció sebessége bizonyos hőfokon túl olyan nagy, hogy az általa termelt hő izzásban tartja a szenet. Ugyanígy függ a hőmérséklettől minden kémiai reakció sebessége: a hőmérséklet emelésével minden reakció sebessége növekedik.

A másik tényező, amelytől a reakciók sebessége függ, a szereplő testek nyomása, illetve koncentrációja. Ha abban a gáztérben, amelyben a szén elég, az oxigén nyomása kicsiny, akkor a keletkező szénsav mennyisége, vagyis a reakció sebessége sokkal kisebb, mint amikor a gáztérben az oxigén nyomása nagy. Ha a kémiai reakció *oldott* állapotban levő anyagok között folyik le, akkor a nyomás helyett az oldott testek koncentrációja szerepel, vagyis azoknak az oldat térfogategységében (egy köbcm.-ében) jelenlevő mennyisége; ilyenkor a reakció annál gyorsabban folyik le, minél nagyobb a benne átalakuló testek koncentrációja, vagyis minél többet tartalmaz belőlük az oldat egy-egy köbcéntimétere. Valamely kémiai reakció sebességét tehát akkor ismerjük, ha annak változását a hőmérséklettel és nyomással, illetve koncentrációval ismerjük.

A *különböző* kémiai reakciók sebessége ugyanazon hőmérsékleten és ugyanazon nyomások illetve koncen-

trációk mellett is egészen különböző. Némely testek egymással ugyszólván pillanatnyilag, vagyis mérhetetlenül kis idő alatt „reagálnak“; ilyenek például a savak és lugok közt lefolyó reakciók, amelyek folyamán momentán sók keletkeznek, ilyenek általában az ionok közt lefolyó reakciók. Más reakciók sebessége magas hőmérsékleten és nagy nyomásokon, illetve koncentrációk mellett is igen kicsiny; e két véglet között azután a legkülönbözőbb reakciósebességeket észlelhetjük.

Katalizátorok. A reakciók sebességét általában csak úgy befolyásolhatjuk, hogy a hőmérsékletet vagy a nyomásokat, illetve koncentrációkat változtatjuk. Némely reakciónál azonban azt tapasztaljuk, hogy olyan anyagok jelenléte által is befolyásolható, amelyek maguk a reakcióban részt sem vesznek. Az ilyen testeket, amelyek tehát pusztán jelenlétük által bizonyos reakciók sebességét gyorsítani (vagy lassítani) képesek, katalizátoroknak nevezzük. Ilyen katalitikus reakció példája a nádcukormolekula elbomlása szőlőcukorra és gyümölcscukorra. (L. 25. oldal.) A vízben oldott nádcukorból hosszú idő múlva és magasabb hőmérsékleten is csak nyomokban képződik szőlőcukor: a reakció sebessége ilyen körülmények között igen kicsiny. Ha azonban valamilyen savat is adunk hozzá, akkor gyorsan átalakul a nádcukor annak dacára, hogy e közben a sav nem használtatott fel, mert a sav mennyisége változatlan maradt. A sav a nádcukor elbomlásában mint katalizátor szerepelt. Látni fogjuk, hogy az ilyen katalizátoroknak rendkívüli fontosságuk van a *sejt anyagcseréjében*.

A reakciók egyensúlya. Ha szén-dioxid gázban elzárunk és valamely magasabb hőmérsékletre hevítve elégetünk, akkor azt tapasztaljuk, hogy az első óra alatt keletkezett szén-dioxid mennyisége több,

I mint a második órában keletkezetté, ez ismét több,
 I mint a harmadik órában s így tovább: a reakció
 2 sebessége idővel mindinkább kisebb lesz. Ez a csökke-
 I nés nemcsak azzal függ össze, hogy az oxigén nyo-
 I mása az elzárt térben az oxigén átalakulása követ-
 I keztében kisebb lesz, mert egy bizonyos idő múlva
 5 a szénsav képződése egészen megszűnhetik, noha
 I még van változatlan szén és oxigén jelen. Ennek a
 I jelenségnek, hogy tudniillik a reakció idővel megszű-
 I nik, az alapja a következő: a kémiai reakciók álta-
 I lában megfordíthatók, ami azt jelenti, hogy nemcsak
 az egyik irányban folynak le, hanem a másik irány-
 10 ban is. A szén elégeése megfordítható, mert a reakció
 két irányban folyhatik le: a szén és oxigén egyesülhet
 szénsavvá (a szén oxidálódik szénsavvá) és a szén-
 sav visszaalakulhat szénné és oxigénné (a szénsav
 redukálódhatik szénné). A kémiában a reakciók meg-
 fordíthatóságát két nyíllal szoktuk jelölni: \rightleftharpoons .
 Ha a szén zárt térben elég, akkor mindkét reakció
 egyidejűleg lefolyik, csak hogy különböző sebesség-
 15 gel. $C + O_2 \rightleftharpoons CO_2$. Az első időben ugyanis
 (amíg az oxigén nyomása nagy) több szénsav kelet-
 kezik, mint amennyi visszaalakul szénné és oxigénné.
 Amint később az oxigén nyomásának csökkenésével
 a keletkező szénsav mennyisége kevesebb lesz, viszont
 az összes szénsav mennyisége folyton növekszik, a
 felső nyíllal jelölt reakció sebessége mindig kisebb,
 az alsóé mindig nagyobb lesz. Végül a két reakció-
 20 sebesség egyenlő lesz, vagyis ugyanannyi szénsav
 keletkezik, mint amennyi visszaalakul szénné és
 oxigénné. Ettől az időtől kezdve semmi változás nem
 nem lesz észlelhető: a reakció egyensúlyban van.

Valamely kémiai reakció ismeretéhez már most
 hozzátartozik tudni, hogy az egyensúly az alkatrészek
 milyen nyomása, illetve koncentrációja mellett jön

létre s hogy ez az állapot mikép változik a hőmérséklettel.

A reakció mint energiaváltozás.

Minden kémiai reakcióval energiaváltozás jár és ennek az energiaváltozásnak a nagysága minden reakciónál más és más. A kémiai reakciónál szereplő energiatípus legtöbbször hő: a kémiai változásoknál hő keletkezik vagy hő tűnik el. Ha egy reakció folyamán a rendszer környezete lehül, akkor azt mondjuk, hogy az *eltűnt* hő átalakult a reakció folyamán keletkezett testek kémiai energiájává. Például ha a vizet elbontjuk hidrogéngázra és oxigéngázra, akkor a környezetből hő tűnik el: ez a hő átalakult a hidrogén és oxigéngáz kémiai energiájává. Ha ugyanez a reakció az ellenkező irányban folyik le (amikor a hidrogént oxigénben elégetjük vízzé), akkor azt tapasztaljuk, hogy az előbb eltűnt hővel egyenlő mennyiségű hő *keletkezik* s a rendszer környezete felmelegszik; azt mondjuk, hogy az átalakult anyagok kémiai energiája hővé alakult át. Az olyan reakciókat, amelyeknél hő vétetik fel a környezetből, endothermikus reakcióknak (például a víz elbontása hidrogénre és oxigénre), azokat, amelyek hőt adnak le a környezetnek, exothermikus reakcióknak (például a víz keletkezése hidrogénből és oxigénből) nevezzük. Egy és ugyanazon reakció az egyik irányban exothermikus, a másik irányban endothermikus folyik le.

Reánk nézve különös fontossággal bírnak az exothermikus reakciók. Ilyen reakciók tulsúlya a napban szolgáltatja nekünk a nap melegét. Ilyen reakciók folynak le valószínűleg a föld mélyében is és tartják azt izzófolyékony állapotban. Ilyen reakciókat idézünk elő magunk mesterségesen, valahányszor hőre van szükségünk, a gőzgépben, a gázlángban, a kályhában és így tovább. Mint mondtuk, *minden* reakció az

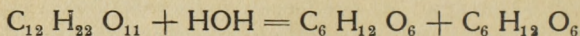
egyik irányban exothermikus; azonban világos, hogy csak az olyan reakciók lesznek energiaelőállításra felhasználhatók, amelyek sok hőt termelnek, gyorsan lefolynak és amelyek anyagai nagy mennyiségben és aránylag olcsón állnak rendelkezésünkre. Ilyen reakció mindenekelőtt a szén oxidációja; egy gramm szén elégeése közben 8000 kalória hőt termel. (Kalória az a hőmennyiség, mely egy gramm 0 fokú víz hőmérsékletét 1 fokra emeli). Ez a reakció magasabb hőmérsékleteken gyorsan folyik el, a szén és az oxygen pedig nagy mennyiségben és aránylag kevés munka árán, tehát olcsón állnak rendelkezésünkre.

Miután a kémiai reakciók lefolyásának általános sajátágaival nagyjában megismerkedtünk, most némi tájékozódást kell szereznünk a különféle reakciók rengetegében. A különféle reakciókat és azok lefolyásának sajátosságait — még csak a fontosabbakét is — egyenként ismerni, a szakember számára is nehéz feladat. Céljainkra elégséges lesz egy-két reakció-típust megismerni.

Az oxidációk. Ezt a fontos reakció-típust már említettük; közös neve ez mindazoknak a reakcióknak, amelyek valamely elem vagy vegyület és az oxigén között folynak le. Az oxigén lehet elemi (gázalaku vagy vízben oldott) oxigén vagy lehet valamely vegyület molekulájában levő oxigén, amely a reakció folyamán felszabadul s a másik test molekulájába lép. Arról a testről, amely az oxigént felveszi, azt mondjuk, hogy oxidálódik, arról, amely oxigénjét átadja, azt mondjuk, hogy redukálódik. A különböző testek oxidációja általában hőtermeléssel jár, azaz exothermikusan történik; hogy azután az oxidált testből az oxigént elvonhassuk (hogy az oxidált testet redukálhassuk), ahhoz hőt kell közölnünk a rendszerrel: a redukciók általában endothermikus

folyamatok. A szén és a szénvegyületek oxidációja általában csak magas hőmérsékleteken folyik le mérhető sebességgel. Ezeket tehát fel kell melegíteni, meg kell gyújtani, hogy az oxigénnel egyesüljenek. Amint azután a reakció megindult, az annyi hőt termel, hogy a lefolyásához szükséges magas hőmérsékletet maga tartja fenn és a felmelegítést folytatni nem szükséges.

A hydrolyzisek. A hydrolyzisek abban állnak, hogy valamely (nagyobb molekulájú) test vizes oldatban a víz alkatrészeit (H-t és HO-t) felveszi és e közben kisebb molekulájú anyagokra bomlik. Ilyen hydrolyzisek nagy szerepet játszanak az élő sejt kémiaiájában. Igen gyakori példa erre a már említett nádcukor-hydrolyzisz, amely a következő formula szerint folyik le:



1 molekula nádcukor egyesül a víz alkatrészeivel és keletkezik 1 molekula szőlőcukor és 1 molekula gyümölcscukor. (Ez utóbbiak súlyösszetétele, mint látjuk, teljesen azonos, de az atomok elrendeződése az egyik molekulájában más, mint a másikéban.)

Az állati szervezet legfontosabb *táplálékai* mind ilyen hydrolyziseken mennek át, mielőtt a sejtekbe bejutnának. Ezeknek a hydrolyziseknek az összegét nevezzük emésztésnek. A *fehérjék* vizet vesznek fel és átalakulnak aminosavakká, a *zsírok* glicerinné és zsírsavakká, a *keményítő* cukrokká és így tovább. Csak ilyen hydrolyzált állapotban alkalmasak az állati sejt táplálékai a felszívódásra, vagyis a bélből a vérbe jutásra. Ha a hydrolytikus reakció az ellenkező irányban folyik le, amikor tehát két vagy több kisebb molekulájú vegyület viz keletkezése közben egy nagyobb molekulájú testté alakul, az a *hydrosynthesis* (nád-

cukor és víz keletkezése szőlőcukorból és gyümölcs-cukorból, stb.).

Disszimiláció és asszimiláció.

A sejten lefolyó kémiai folyamatokat két csoportba osztjuk. Ezek egyike olyan folyamatokból áll, amelyek során a sejt anyaga, — a sejt állománya és a felvett táplálékanyag — elbontatik. E bomlások általában exothermikus folyamatok, úgy, hogy a sejt ezen reakciók útján energiához, az élete fentartásához szükséges energiáig jut. A reakció termékei azután, mint hasznavehetetlen anyagok, kiürítetnek a sejtől. Mindezek a folyamatok a *disszimilációk* csoportjába tartoznak.

A sejten azután az így elhasznált anyagokat pótolnia kell, táplálékanyagokat kell felvennie és ezek egy részéből elhasznált állományát újra fel kell építenie. A táplálékfelvétel, a táplálék megemésztése, az így átalakított táplálékból a sejt anyagának felépítése: az asszimiláció. Vizsgáljuk meg ezeket a folyamatokat kissé közelebbről.

Az enzimek

Azok a kémiai reakciók, amelyekből a sejt anyagcseréje áll, majdnem mind azzal a közös és feltűnő sajátsággal bírnak, hogy magukban, a sejten kívül vizsgálva, mérhetetlen vagy csak alig mérhető kis sebességgel folynak le, míg a sejten rendkívül gyorsan mennek végbe. Az *állati* sejtek disszimilációjában, mint látni fogjuk, oxidációk játszó a főszerepet. Különböző fehérje-hasadási termékek, azután zsírok, cukrok és egyéb vegyületek oxidáltak a sejten a levegőből felvett oxigénnel, pedig ezek mind olyan vegyületek, amelyeknek tiszta oldatát igen sokáig tarthatjuk oxigént tartalmazó közegben, anélkül, hogy változást szenvednének. Ugyanez áll a *növényi* sejtek asszimilációjának legfontosabb reakciójára, a levegő szén-savának redukciójára. A szén-sav közönséges hőmérsékleten a sejteken

kivül nem redukálódik mérhető sebességgel szénné és oxigénné. És így áll a dolog a sejtekben lefolyó majdnem minden kémiai reakcióval.

Ez a tény, hogy t. i. az élő sejtben a reakciók egész sora gyorsan folyik le, látszólag ugyanazon körülmények között, amelyek között azok a sejten kívül nem folynak le, sokáig nagy problémája volt az élettannak s döntő érve annak a felfogásnak, amely lehetetlennek mondotta az életjelenségeket az élettelen világ törvényei alá vonni. Eszerint a felfogás szerint, amelyet vitalizmusnak neveznek (s amelynek még ma is akadnak hívei), az élőanyag sok, egészen különös, az élettelen világban nem észlelhető, sőt attól különböző sajátsággal rendelkezik; ezeket a különös képességeket az „életerő“ néven foglalták össze. Az életerő egyik nyilvánulásának tartották a most szóban forgó jelenséget is. Azonban a kémiai kutatás haladásával kiderült, hogy ezek a reakciók nemcsak az élő sejtben folynak így le, hanem lefolyhatnak a sejten kívül is, ha a bennök szereplő anyagok oldatához hozzáadjuk az elpusztított sejtől vízzel készített kivonatot. Ilyen módon az élő szervezetekben lefolyó ismert reakcióféleségek igen nagy számát ugyanugy tudjuk lefolytatni a sejten kívül, lombikjainkban, mint ahogy azok a sejtben folynak le. Ezzel a probléma megszűnt az élettan problémája lenni. Láttuk, hogy a kémia igen sok olyan reakciót ismer, amelynek eredetileg igen kicsiny sebességét bizonyos hozzáadott s a reakcióban részt nem vevő anyagok, a katalizátorok, nagy mértékben növelni képesek. A sejtekben ilyen katalizátorok vannak mindazon reakciók számára, amelyek magukban, a sejten kívül nem folynak le. A sejt katalizátorait a fiziológiában enzymeknek vagy fermentumoknak nevezzük; egy részüket sikerült többé-kevésbé tisztán elő is állítani, elemi összetételüket

megállapítani, hatásmódjuk fizikai és kémiai körülményeit tisztázni. Legnagyobbrészt komplikált összetételű, nagy molekulásulyu, fehérjetermészetű, kolloidtestek ezek.

Az a körülmény, hogy a sejtekben lefolyó reakciók legnagyobbrészt katalitikus folyamatok, igen fontos következményeket rejt magában. A katalitikus hatások általában nagy mértékben specifikusak, ami azt jelenti, hogy egy bizonyos enzim csak egy bizonyos anyagnak és éppen csakis egy bizonyos reakcióját képes befolyásolni. Így a pepsin nevű enzim (a gyomornyálkahártya sejtjeinek enzimje) csak a fehérjék hidrolízisét, a zymase (az élesztősejtek egy enzimje) csak a szőlőcukor oxidációját képes siettetni. Ebből az következik, hogy a sejtben lefolyó reakciók számát és minőségét az szabja meg, hogy az illető sejtben micsoda enzimek vannak jelen.

Az élő szervezetek, mint tudjuk, nagy fokban képesek szabályozni a bennük lefolyó reakciókat. Bizonyos körülmények között (például nyugalomban, alvás közben) korlátozni, máskor (munkaközben) hirtelen gyorsan lefolytatni. Ennek a lehetőségét is a reakcióknak katalitikus természete adja meg. Ezek a reakciók a katalizátor hiányában alig folynak le, annak jelenlétében sebességük a katalizátor koncentrációjával arányos. A sejtnak tehát csak a enzimjei termelését kell szabályozni és a reakciósebességek meglepő változatlansága magától előáll.

Az enzimekre, mint kémiai testekre, rendkívüli labilitásuk jellemző. Ennek az a következménye, hogy az enzim hatása mindenféle és aránylag enyhe kémiai vagy fizikai beavatkozásokra is erősen megváltozik. Az állati sejtekből előállított enzimek a hőmérséklet kis változásaival szemben is érzékenyek; hatásuk az általuk katalizált reakció sebességére

35—40 C^o közül a legerősebb s 0^o C-on, illetve 100^o C-on többnyire teljesen meg is szűnik. Egy enzim oldatának felforralása elégséges ahhoz, hogy az elpusztuljon, vagyis hogy olyan testté változzék, amelynek nincsen katalitikus képessége. Épp így igen különböző és aránylag nem nagyon erőlyes kémiai hatások (hig savval, hig luggal, bizonyos sókkal, organikus anyagokkal való kezelés) erősen megváltoztatják az enzim hatását, esetleg el is pusztítják az enzimet. *A sejt életének rendkívüli érzékenysége* a környezeti befolyásokkal szemben — amely más kémiai rendszerek érzékenységénél összehasonlíthatatlanul magasabb — tulajdonképen csak enzimjei érzékenységeinek az összege. Valamilyen magában véve egészen jelentéktelen változás a sejtben elég lehet ahhoz, hogy egy különösen érzékeny katalitikus folyamatot s ennek a révén aztán a sejt összes többi folyamatait bizonyos irányban eltolhassa s így végeredményben nagy változást idézzen elő. *A sejt ingerelhetőségének*, annak a képességének, hogy különböző külső hatásokra a benne lefolyó folyamatok valamilyen megváltozásával reagál, a lehetőségét tehát az adja meg, hogy folyamatai enzimhatások. Ugyanez a körülmény az alapja annak, hogy a sejt élete oly könnyen megsemmisülhet, vagyis hogy a sejtfolyamatok aránylag enyhe fizikai és kémiai hatások alatt oly nagy változásokon mehetnek keresztül, amelyek után az eredeti állapotok, az előre jellemző összefüggések többé nem állhatnak újra elő. Ez is legnagyobbbrészt az enzimek különös labilitásán mulik.

Ezek után térjünk rá az anyagcserefolyamatok közelebbi megjelölésére. Mint említettük, ezek két csoportba oszthatók; a disszimiláció és asszimiláció csoportjába. Minden sejtben (egyidejűleg vagy különböző időben) mindkétféle folyamatok lefolynak: minden

sejt elbontja, elhasználja táplálékait és saját állományát újra felépíti azokat. Hanem a folyamatok terjedelme és egymáshoz való viszonya az élők két nagy világá-
sian, a növényeknél és az állatoknál igen különböző.

A növényi sejtek
anyagforgalma.

A növényi sejtekben tulnyomóan asszimilációs folyamatok mennek végbe. Ez nemcsak azt jelenti, hogy az az időperiódus, amíg a felépítő reakciók folynak, sokkal hosszabb, mint az, amelyben az elbontó reakciók folynak, hogy a felépítő reakciók száma és az ezekben résztvevő anyagok mennyisége nagyon felülmulja az elbontó folyamatok számát és mennyiségét, hanem főleg azt, hogy az asszimiláció alatt sokkal több energia halmozódik fel, mint amennyi a disszimiláció során felszabadul.

Ha valamilyen növényt hosszabb ideig zárt levegő-
sérben tartunk, akkor azt tapasztaljuk, hogy a tér levegőjének szénsavtartalma (mely az utcai levegőben általában 0.04 térfogatszázalékot, vagyis 100 cm³ levegőben 0.04 cm³ CO₂-t tesz ki) csökken, oxigéntartalma (mely az utcai levegőben 21%) pedig nő. Ez a tény — amelyet úgy szoktunk kifejezni, hogy a növény szén-savat lehel be és oxigént lehel ki — azt jelenti, hogy a levegő szénsavát a növényi sejtek felvették magukba és redukálták, azaz oxigént vontak el belőle; az eközben szabaddá váló oxigén kijutott a levegőbe, a szén (és az oxigén egyrésze) a sejtben maradt. A szénsav azonban, mint tudjuk, az élő növényekben sohasem redukálódik tiszta szénre, elemi szénre; az élő sejtek elemi állapotban levő szenet nem tartalmaznak, csak szénvegyületeket; ezek pedig oxigént és hidrogént, részben nitrogént, kén- és foszfort is tartalmaznak. A szénsav tehát redukciója közben reakcióba lépett bizonyos, a sejtben levő s ezen elemeket tartalmazó vegyületekkel s a szénvegyületek e

reakciók végeredményei. A szóbanforgó elemeket sejt nem a levegőből, hanem a talajból vagy a vízből veszi fel különböző sók alakjában (mint nitrátokat, szulfátokat és foszfátokat). A növényi sejtben a felvett és redukált szénsav, a víz és e sók között sokféle és igen komplikált kémiai reakciók folynak; a reakciók végtermékei a kiszabaduló oxigén és a sejtben felhalmozódó szénvegyületek: jórészt szénhidrátok, zsirok és fehérjék.

Mindezek a felépítő, asszimilációs folyamatok azonnali kémiai reakciók közé tartoznak, amelyek folyamán az környezetből energia vétetik fel; az az energiatípus, amely e folyamatoknál felhasználtatik, a Nap sugárzó energiája. A növények folytonosan ezt az energiát vonják el környezetükből s halmozzák fel magukban az ő szénvegyületeik kémiai energiája alakjában.

E mélyreható és nagyterjedelmű asszimilációs folyamatokkal szemben a növényi sejtekben folyó disszimilációs jellegtelenek. A felépített nagy molekulájú szénvegyületek egyrészt elbontják és oxidálják ugyan a növényi sejtek és a bennük felhalmozott energia egy részét így fel is használják, de csak kis részét; legnagyobb része a növényi sejt élete folyamán változatlanul marad a sejtben felhalmozva.

Az állati sejtek anyagforgalma.

Az állati sejtekben tulnyomóan *disszimilációs* folyamatok mennek végbe, olyan reakciók, amelyek folyamán összetett szerkezetű nagy molekulák, a táplálék alakjában felvett fehérjék, zsirok és szénhidrátok, hidrolízis és oxidáció útján különböző kisebb molekulájú vegyületekre bomlanak, miközben kémiai energiájuk hővé alakul. Abban a levegőben, amelyben állati sejtek élnek, az oxigén mindig kevesbedik, a szénsav pedig felhalmozódik, jelölül annak, hogy az állati sejtek a levegőből oxigént vesznek fel, amelylyel szénvegyü-

esteket oxidálnak s a keletkezett szénsavat kilehelik. Amíg a nagy fehérje- vagy zsírmolekulából szénsav, víz és más egyszerű szerkezetű kis molekulák lesznek, addig azok sok, komplikált közbenső reakción mennek keresztül; ezek a reakciók általában mind enzimfolyamatok. A bomlások végtermékei azután különböző utakakon eltávolíttatnak a sejtéből, ami alapfeltétele annak, hogy a bomlások állandóan folyhassanak, mert hiszen, mint láttuk, a reakciótermékek felhalmozódása előbb-utóbb egyensúlyhoz, tehát a változások megállításához vezetne. A szénsav a levegőbe, a víz, sók és a szén-, kén- és foszfortartalmú különböző bomlástermékek a talajba kerülnek.

Az *asszimilációnak* az állati sejtekben nincs nagy terjedelme. Az állati sejtek nem építik fel az állományukat tevő összetett vegyületeket egészen egyszerű vegyületekből — mint ahogy azt a növények teszik —, hanem már készen, felépítve veszik azokat magukhoz bizonyos táplálékaik alakjában. Az állati sejt a maga fehérjéit, zsírjait és szénhidrátjait nem képes a szénsavból, vízből és sókból felépíteni; ehelyett környezetéből a táplálkozás útján kész szénhidrátokat, zsírokat és fehérjéket vesz fel. Ez úgy történik, hogy az állat valamilyen növényt (vagy más állatot, mely ismét növényvel élt) eszik, amelynek sejtjeiben, mint láttuk, mindig ilyen vegyületek vannak felhalmozva. Miután azonban az állati sejteknek a növényekétől (és más állatokétól) részben eltérő, specifikus fehérjéi, zsírjai és szénhidrátjai vannak, a készen kapottakat, amennyiben saját állományának pótlására használja fel, némileg át kell alakítania. Az állati sejtek asszimilációját ezek a (kémiaiilag jelentéktelen) átalakítások teszik.

A disszimilációs folyamatok, mint em-
A táplálékok. litettük, általában exotherm folyamatok, vagyis olyanok, amelyek hő termelésével járnak. Mi-

után az állati sejtekben az ilyen folyamatok a tulnyomóak, az állati sejtek mindig hőt (esetleg munkát, elektromosságot stb. is) produkálnak. Ennek következtében az állati sejtek hőmérséklete a környezet hőmérsékleténél mindig többé-kevésbé magasabb. Azok a reakciók, amelyek az ehhez szükséges hőt szolgáltatják, mint láttuk, a *táplálékok* és az *oxigén* között mennek végbe. A táplálékoknak épp az a leglényegesebb tulajdonságuk, hogy kémiai energiát tartalmaznak, vagyis hogy oxidációjuk közben energiát termelnek. Azonban nem minden oxidálható és kémiai energiát tartalmazó anyag lehet tápláléka a sejtnek. Így például a tiszta elemi szén vagy a nagyon sok kémiai energiát tartalmazó benzol (C_6H_6) nem táplálékok. A szén fel sem vétetik a sejtbe; mindenekelőtt azért nem, mert nem oldható; a benzol bejut ugyan a sejtekbe, de vagy változatlanul ürül ki belőlük, vagy átalakulása közben a sejtélet rendes folyását zavaró hatásokat von maga után (megmérgezi a sejtet); arra, hogy táplálékkul szolgáljanak, vagyis arra, hogy a sejt a velük lefolytatott reakciókból fedezze a maga energiaszükségletét, egyik sem alkalmas. A rengeteg sok oxydálható szénvegyület közül erre csak igen kevesen s főképen azok szolgálnak, amelyek a sokszor említett fehérjék, zsirok és szénhydrátok közé tartoznak. Ezekben ugyanis megvannak a többi tápláléksajátságok is: bejuthatnak a sejtbe, ott bizonyos, már készenlevő enzimek hatása alatt elbomolhatnak, a bomlástermékeik nem mérgezőek és így tovább; szóval résztvehetnek a sejt különös kémiai rendszerében.

Összefoglalás.

Az organikus elemek körforgása az élő természetben.

Az élő sejtekben lefolyó kémiai változásokat röviden összefoglalva, következőleg írhatjuk le:
A növényi sejtek sókból, vízből

és szén-savból nagy molekulájú-, nitrogén-, kén-, foszfor-, oxigén- és hidrogéntartalmu szénvegyületeket (fehérjéket, zsirokat, szénhidrátokat stb.) építenek és halmoznak fel magukban, miközben oxigént lehelnek ki a levegőbe. Az állati sejtek ezeket a nagy molekulájú szénvegyületeket (mint táplálékakat) felveszik magukba és az ugyancsak felvett oxigénnel elbontják azokat szén-savvá, vízzé és sókká. A növények ezeket a vegyületeket veszik fel a levegőből és a talajból és ezekből építik fel ismét azokat az összetett vegyületeket (és az oxigént), amelyek állati sejtekbe kerülve ismét elbomlanak . . . ; az organikus elemek így növényben és állatban periodikusan váltakozva szolgáltatják az életfolyamatok anyagát.

Az élő szervezetek anyagának ez a hallhatatlansága a természettudomány egyik legnagyobb felismerése; a természettudomány ezt a gondolatot adja a „lélek“ halandóságáért kárpótlásul. Tehát az anyagi összefüggések rendje, a komplikált gépezet (s annak különös működései) kis, összefüggéstelen darabokra hullanak, amelyekből az a gépezet többé nem épül fel; de a részecskék új kapcsolatokban új gépezetek s ezzel új és új munkák részeseivé válhatnak.

Az állati szervezet élettanának áttekintése.

Egysejtűektől az emberig.

Az eddigiekben mindig az egyes növényi vagy állati sejtek kémiai-járól beszéltünk, most a nagyon összetett, sok-sok millió sejtből álló organizmust fogjuk kémiailag leírni. Mindaz, amit az állati sejtek anyagcseréjéről mondtunk, áll az állati organizmusok minden egyes sejtjére is; az ember élete is sejtjeinek életé-

ből tevődik össze. Ha tehát minden egyes sejt vagy sejtfeleség életműködéseit külön-külön ismerjük, akkor az egész organizmust is megismertük.

Az áttekintés és a kutatás könnyebbsége kedvéért azonban az élettan nem külön-külön, hanem *összefüggésükben* vizsgálja a szervezet sejtjeinek életét; a szervezetet egységnek fogja fel, amelynek különböző részei vannak, egyik erre a feladatra, másik arra, egyik alárendelve a másiknak, támogatva vagy ellensúlyozva egymást és így tovább. Nyilvánvaló, hogy ezzel lényegesen megkönnyíti a feladatát, mert hiszen sokkal könnyebb egy komplikált gépezet működését az *egész* működésének a megfigyeléséből megérteni, mint a részek működéseinek összegezéséből.

Ezt szem előtt tartva, a következőkben mi is egységnek tekintjük az állati szervezetet, mint egy óriási sejtet, amely azonban maga sok millió sejtből van összetéve; ezek a sejtek végzik az organizmus egyes működéseit. Külön sejtcsoportok, szervek végzik a táplálékszerzés (helyváltztatás, mozgás), mások az emésztés, ismét mások a hőszabályozás, a szaporodás stb. munkáját; külön sejtcsoportok közvetítik a külvilág behatásait a sejtekkel, ezek egymásra és a külvilágra gyakorolt impulzusait és így tovább. Emellett minden sejt a maga önálló életét is éli.

A táplálékok felvétele.

Az egysejtű élőlények táplálékaikat a közvetlen környezetükből, az őket körülvevő vízből vagy talajból veszik fel. Az emberi organizmus számtalan sejtjeinek csak elenyésző része érintkezik közvetlenül a bevett táplálékokkal. Az egész szervezet számára *gyomor* és a *bél* hámsejtjei veszik fel a táplálékanyagot, amelyek belőlük a körülöttük keringő *vérbe* jutnak. Ezeknek a táplálékoknak a többi sejtekhez eljuttatásáról egy külön nagyszabású (és sok millió sejt működését le-

ötő) mechanizmus, a vérkeringés gondoskodik szervei: a szív, az érrendszer és a vér útján; a szervezet összes sejtjei a vérből veszik fel táplálékaikat.

Ugyanigy, az állati sejt életéhez feltétlenül szükséges oxigénnel csak a *tüdő* sejtjei érintkeznek közvetlenül. Ezek azonban annyi oxigént képesek felvenni és a vérbe juttatni, amennyi az összes többi sejtek számára is elegendő; ezek valamennyien a vérbe juttatott oxigénnel fedezik oxigénszükségletüket.

Az emésztés. A táplálékoknak alkalmasaknak kell lenniök arra, hogy a vérbe juthassanak, erre azonban abban a fizikai és kémiai állapotban, amelyben felvétetnek, többnyire nem alkalmasak. A szervek egész sora végzi ezt a munkát, mint külön funkcióját, a többi szerv számára. A fogak, a rágóizmok, a nyelőcső, gyomor és bél izomzata mechanikai uton, a nyálmirigyek, a gyomorfal és bélfal kis mirigyei, a hasnyálmirigy és részben a máj kémiai eszközökkel (különböző enzymek termelésével, amelyek hatása alatt a táplálékanyagok a szükséges kémiai változásokon mennek át) vesznek részt ebben a munkában.

A bomlástermékek eltávolítása. A táplálékok így alkalmas alakban bejutnak a vérbe, a vér útján az egyes sejtekhez és az egyes sejtekbe, ahol azok anyagcseréjének különbségei szerint különböző változásokon mennek keresztül; általában a szénsav, a huyanyag [$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$], különböző egyéb nitrogén, kén és foszfortartalmu szénvegyületek és sók a bomlások végtermékei. Ezek eltávolítása, — ami a sejt életének feltétele, mert felhalmozódva a változások továbbfolyását meggátolnák — úgy történik, hogy a bomlástermékek a sejtekből a körüláramló vérbe s a vér útján olyan szervekbe jutnak, amelyek azokat a vérből kiválasztják s kiüritik. Ezek a szervek:

a szénsavra nézve a tüdő, (amely tehát kettős funkciót végez: az oxigént belejuttatja a vérbe, a szénsavat kiválasztja belőle), az összes többi bomlástermékekre nézve a vesék, amelyekből a bomlástermékek vízben oldva a vizelet alakjában ürítettnek ki.

*Intermediär
anyagcsere.*

Ilyen módon a szervezet összes sejtjeihez eljuthatnak a táplálékanyagok s kiürülhetnek azok bomlástermékei. Azok a változások, amelyek folyamán a *sejtbe jutott* táplálékok abban átalakulnak (s amelyek végén mint bomlástermékek kiürülnek), a szervezet minden sejtfeleségében máshogy folynak le. Az egyes szervek különböző működésének alapja éppen az, hogy ezek a *közbenső változások* — az ugynevezett intermediär anyagcsere folyamatai — különbözők bennük. A máj-sejt anyagcseréje más, mint az izomsejté és más, mint az idegsejté. Az élettani kémia ma már az intermediär anyagcsere igen sok részletét ismeri és tanítja.

*A sejtműködések
szabályozása.*

A különböző szervek működését (pontosabban: a különböző sejtcsoportok anyagcseréjét) különböző szervek szabályozzák úgy, hogy azok ne zavarják egymást, hogy egyikük vagy másikuk a szükséghez képest fokozódjék vagy gyengüljön és így tovább.

Az egyik ilyen szabályozó rendszer tagjai, az ugynevezett *belső secretiós mirigyek*, kémiai uton végzik a szabályozás munkáját. Bizonyos körülmények között bennük (a pajzsmirigy, a mellékvesék, a hasnyálmirigy, a máj stb. tartoznak ide) olyan anyagok keletkeznek, amelyek a vérbe s azzal a különböző szervekbe jutva, azok anyagcseréjére s így működéseire bizonyos hatásokat képesek kifejteni. Így például a *mellékvesékben* képződő *adrenalin* nevű anyag a kis véredek falában levő izomsejteket összehuzódásra bírja s ezáltal a szervezet különböző részeinek vérellátását befolyá-

kolni képes. A *pajzsmirigy* olyan anyagot termel, amely a vérbe s azzal a sejtekhez jutva, a sejtekben folyó oxidációkat gyorsítani képes és így tovább.

A kémiai szabályozásnál, amelynek létezéséről és jelentőségéről különben csak nemrégóta tud a fiziológia, sokkal fontosabb az *idegrendszer* útján történő szabályozás. Ez a szabályozás az ugynevezett *reflexmechanizmus* útján történik. A különböző szervek sejtjeit, mint tudjuk, számtalan idegrost köti össze a központi idegrendszer — agy- és gerincvelő — sejtjeivel. Ezt az anatómiai berendezést találóan szokták hasonlítani a telefonberendezéshez, amelynek számtalan kagylóját megannyi telefondrót köti össze a központtal. Amint a kagyló lemezének rezgése a telefondrót villamos árama útján a központtal közölköztetik, úgy jelzi az idegrost ingerülete a különböző sejtek valamilyen abnormis anyagcsereállapotát, izgalomát a központi idegrendszerben. Ez az ingerület (a magasabbrendű emlősök idegsejtjeiben) tudatossá válnak s akkor mint kellemes vagy kellemetlen érzés valamilyen akaratos mozgást indíthat meg. Legtöbbször (s az alacsonyabbrendű lényekben mindig) az idegingerület nem válik tudatossá, hanem *automatikus*an vált ki valamilyen működést vagy mozgást. Az előbbi esetben az idegrendszer működése az olyan telefonközpont működéséhez hasonlítható, amelyben (telefonos kisasszonyok) tudatos működéssel veszik fel a felek kívánságát s közlik a másik féllel. Az utóbbi berendezés viszont olyan, mint az automatikus telefonközpont működése, amelyben a felhívó fél összekapcsolása a másikkal egy alkalmas technikai berendezés segítségével közvetlenül, tudatos segítség nélkül történik. A reflexműködésnél a központi idegrendszer *automatikus*an kapcsolja össze az izgalomban levő A) sejtcsoportot valamilyen más B) sejtcsoporttal,

amelynek működése azután az A) sejtcsoport izgalmát megszüntetni (vagy fokozni) alkalmas. A reflexhatások némelyike igen egyszerű és általánosan ismeretes; ilyen például a megégetett ujj gyors kirántása a lángból vagy ilyen a légzőmozgások beszüntetése, ha bizonyos ártalmas gázok (például ammoniák) jutnak a gége nyálkahártyájára. A reflexszabályozás azonban nemcsak ilyen különös alkalmakkor működik, hanem állandóan. Így a légzőmozgások száma és mélysége állandóan reflektorikusan függ a vér szénsavtartalmától, úgy hogy ennek változása a központi idegrendszer útján azonnal növeli vagy csökkenti a légvételek számát és mélységét. A szívműködés állandóan reflektorikusan függ a vér hőmérsékletétől, amelynek növekedése (például izommunkánál) a szivverések szaporodását vonja maga után (szivdobogás) és így tovább.

Hogy az idegben és az idegsejten keresztül terjedő ingerület micsoda fizikai-kémiai folyamat, arról egyelőre keveset tudunk. Az idegsejtek kémiai összetételét és anyagcseréjét ugyanugy ismerjük, mint a többi sejtekét; tudjuk például, hogy működésük közben oxigént fogyasztanak és szénsavat termelnek, a bennük keletkező bomlástermékek egész sorát ismerjük; ismerünk egész sereg olyan anyagot, amelyek a vérből beléjük kerülve, a működésüket (anyagcseréjüket) csökkentő vagy erősítő hatással vannak és így tovább. Ki vannak mutatva bizonyos mikroszkopiai és kémiai különbségek a nyugvó és a működött idegsejt és rost között. Megmérték az idegingerület terjedési sebességét s azt találták, hogy emlős állatnál az 20—30 méter másodpercenként; azt is tudjuk, hogy ez a sebesség a hőmérséklet változásával nő és csökken. Tudjuk, hogy az inger tovaterjedése valami olyan változás, amely egyuttal az idegrost bizonyos elektromos sajátságait is megváltoztatja.

De a folyamat pontos ismeretétől ma még messze vagyunk.

A fiziológiai kémia haladása.

A fiziológiai kémia és fizika az újkeletű tudományágak közé tartozik, egy évszázaddal ezelőtt még jóformán nyoma sem volt. A legutolsó két évtized óta óriási mértékben fejlődik, úgy hogy egyes kisebb területei is, mint az elektrofiziológia, a kemoterápia, a kórtani kémia, a növénykémia, az immunitás, az élelmiszerkémia stb. az ismereteknek óriási halmazát foglalják magukban. Minden kulturált országban intézeteiben és kórházaiban, növény- és állatgazdasági kísérleti állomásain kiterjedt és nagyfokban szervezett munka folyik a még felderítetlen problémák tisztázására. A fiziológiai kémia minden haladása ugyanis igen fontos, praktikus értékesíthető haladást jelent a növénytermesztés, az állattenyésztés és főleg az állati és emberi betegségek felismerése és gyógyítása terén. A különböző betegségek *diagnosztikájában* már ma igen jelentős szerepe van a kémiai kutatás alapján szerzett ismereteinknek. A *gyógyítás terén* is, ahol ma még az operatív beavatkozások, diétás, klimatikus gyógy módok, fizikai gyógyító eljárások sokszor nem pótolhatók kémiai gyógyszerekkel, a haladás iránya kétségtelenül az, hogy az utóbbiak fognak túlsúlyra jutni. A kórtani kémia és fizika haladásával mind több és több lesz azoknak a betegségeknek száma, amelyeket súlyos beavatkozások nélkül meg tudunk gyógyítani, sőt meg tudunk előzni. A kémiának az orvosi tudományban ezideig tapasztalt értékessége a legkorlátlanabb bizalomra jogosíthat bennünket a jövő gyógyítás kilátásai iránt. Ötven év előtt bizonyára elérhetetlennek mondták volna az élettani és kórtani kémia sok mai tanítását. Éppily kockázatos vállalkozás volna ezeknek a hatalmas fejlődésben

levő tudományágaknak fejlődési határait ma megjelölni.

Áttekintés.

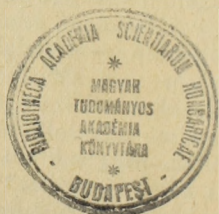
Foglaljuk össze röviden a tárgyalatakat. Megismertük nagyjában, hogy milyenek az élő anyag fizikai és kémiai sajátságai és hogy milyen a kémiai összetétele. Figyelemmel kísértük azokat a főbb változásokat, amelyeket a fizikus és a kémikus a sejt élete közben annak sajátságain és összetételén észlelni képes. Volt alkalmunk meggyőződni róla, hogy az életjelenségek fizikája és kémiája tökéletesen azonos a nem-élő világ fizikájával és kémiájával és hogy az élettani problémák csak azért látszanak sajátságosaknak, mert bonyolultak és a kutatás számára sokszor nehezen hozzáférhetőek. Ennek a kis könyvnek keretén belül természetesen csak a legáltalánosabb életjelenségek tárgyalására szorítkozhattunk; azokat a kérdéseket, hogy az élő sejt anyagcseréje hogyan módosult a különböző élő lények sejtjeiben, a különböző szervek sejtjeiben, ezek különböző működési állapotaiban, hogyan a mozgásnál, az idegműködésnél stb., nem tárgyalhattuk. De erre az előljáró sorokban kitűzött cél érdekében nincs is szükség. A helytelen előítéletektől való megszabadulásra elég annak a tudata, hogy *minden életjelenség* a vázolt fizikai-kémiai folyamatok valamilyen egyszerű, vagy komplikált módosulata.



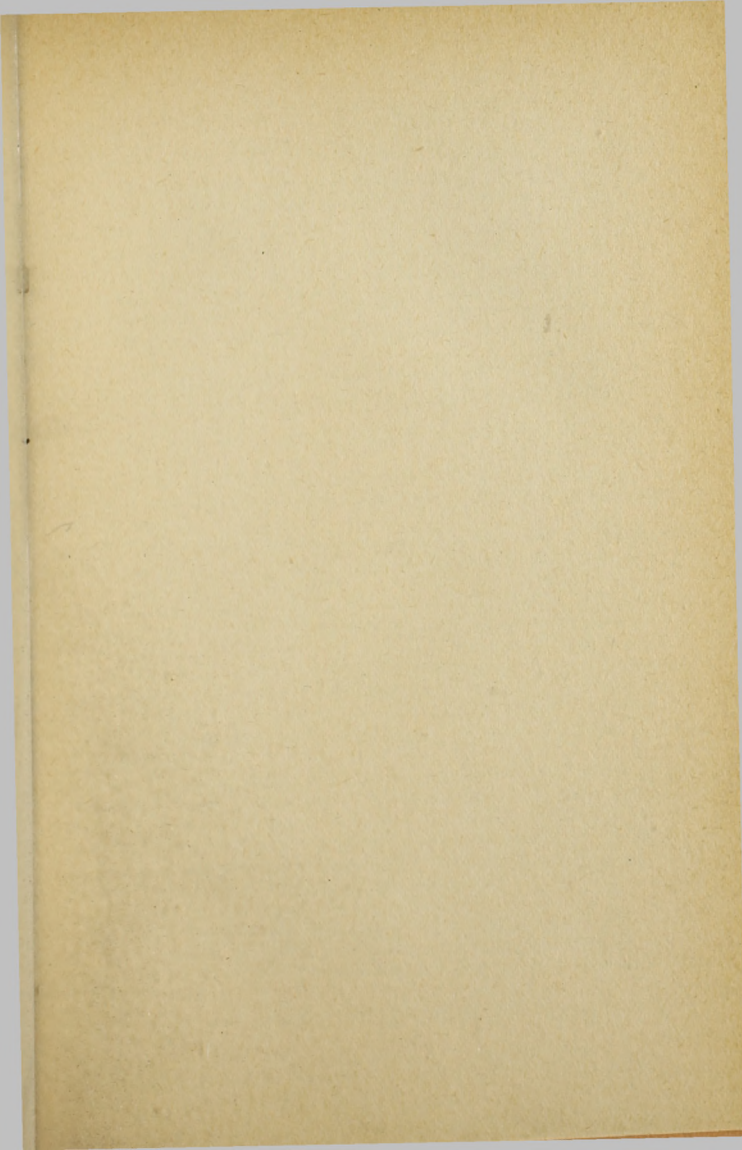
Ajánlható könyvek.

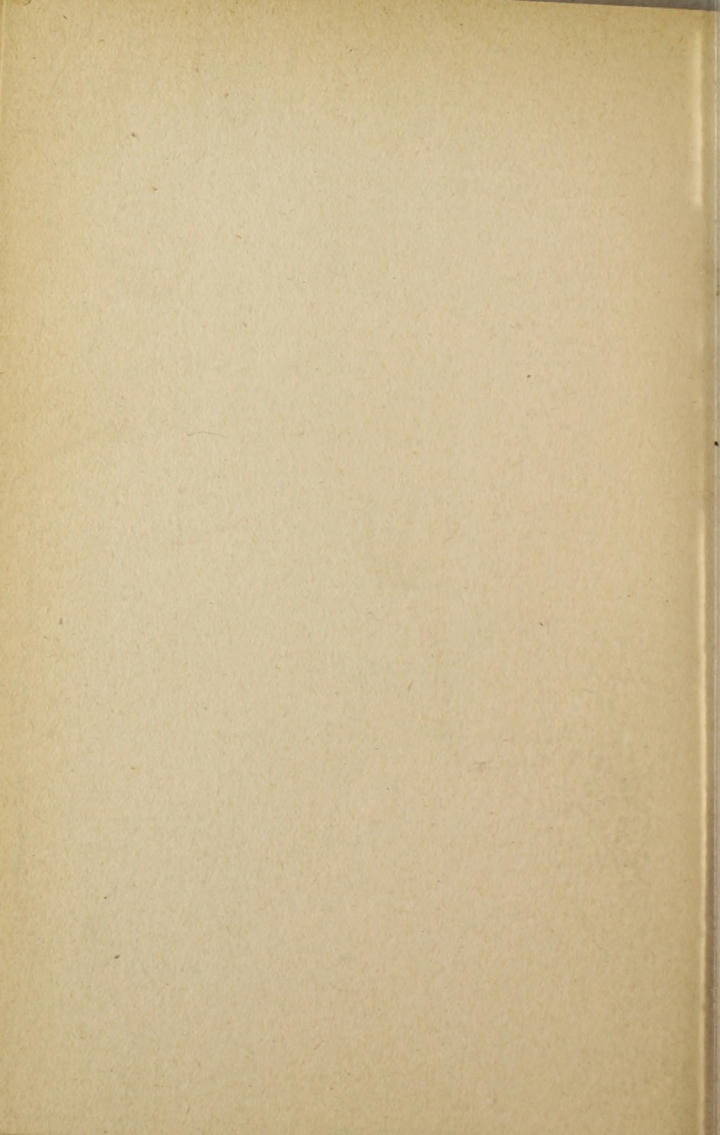
A szakirodalom rendkívüli gazdagsága mellett azoknak a könyveknek száma, amelyek a „művelt laikust“ tájékoztatják a kémia és az élettan állásáról, aránylag nagyon csekély. Az iskolai tankönyvek igen kevés kivétellel általában nem alkalmasak erre.

A magyar irodalom idevágó művei vagy egészen szakszerűek, vagy tulságosan iskolásak. A német irodalom nagy gyűjteményes vállalataiban (Wissen und Können; aus Natur und Geisteswelt) kitűnő szakemberek tollából sok kis könyv jelenik meg, amelyek a szó jó értelmében gondolt népszerű-tudományos tárgyalást eltaláltak. Még inkább ajánlhatók az alapvető és amellet könnyen érthető előadás mesterének, W. Ostwaldnak könyvei: Schule der Chemie (Erste Einführung in die Chemie für Jedermann), a terjedelmesebb Einführung in die Chemie és az életjelenségek fizikai-kémiai alapjait tárgyaló Die Mühle des Lebens. Az élettani irodalomban tárgyalásának egyszerűségében páratlanul áll Verworn terjedelmes munkája: az Allgemeine Biologie.



Világosság könyvnyomda rt.
Budapest, VIII, Conti-utca 4.





A SZABADGONDOLKOZÁS MAGYARORSZÁGI EGYESÜLETE

BUDAPEST, V., SZÉCHENYI-UTCA 10., I. EMELET

Alapító tagok tagsági díja egyszerismindenkorra --- --- --- 100 korona
Famogató rendes tagok tagsági díja évi --- --- --- --- --- 10 korona
Rendes tagok tagsági díja évi --- --- --- --- --- 6 korona

Valamennyi tag ingyen kapja az egyesület hivatalos lapját, a Szabadgondolat-ot. Fiókok alapítására vagy a belépésre vonatkozólag felvilágosítást nyújt a titkári hivatal.

Galilei Kör a Szabadgondolkodás Magyarországi Egyesületének főiskolai fiókja.

Budapest, VI. ker., Anker-köz 2. szám, II. emelet.

A Galilei Kör — egyetemünk legnagyobb ifjusági egyesülete — 5 év óta áll fenn. 1908-ban alakult 256 taggal és az ötödik év végén tagjainak száma 1000.

Az előítéletek nélküli tudományos gondolkodás védelme és terjesztése a Kör célja. Tanulás és tanítás az eszközei a vallási, faji és osztály-előítéletek ellen való küzdelmében.

Előadásaiiban és szemináriumaiiban a modern tudományos ismereteket, az erkölcsi, művészeti és tudományos élet korszerű szemlélését és a belőlük származó világnézetet terjeszti. Öt év alatt több mint 200 természet-tudományi, filozófiai, lélektani, művészeti, társadalomtudományi és kulturpolitikai előadást tartottak a Galilei Körben — melyek egy része nyomtatásban is megjelent — egyetemi tanárok, hazai és külföldi szakemberek és több mint 25 szemináriumban foglalkoztak a tagok e kérdések tüzesebb megbeszélésével.

Az első öt évi működés kimagasló mozzanatai: diákgyűlések rendezése az általános választójog és a szekularizáció mellett, statisztikai felvétel a budapesti diákság gazdasági helyzetéről, sorozatos előadások Magyarország közállapotairól és Magyarország történelméről, a nőkérdésről, Ostwald, Sombart és más világhírű tudósok előadásai, továbbá Mach ismeretelméletének magyar nyelven való kiadása.

A Kör tagjai munkáselőadásokat tartottak.

A Kör klubhelyiséget tart fenn, melyben a napilapokon kívül számos tudományos, szépirodalmi és egyéb (magyar, német, angol és francia nyelvű) folyóirat áll a tagok rendelkezésére. Ezenkívül a Kör állandóan gyarapodó könyvtára.

A Galilei Kör tagjai ingyen látogathatják a Társadalomtudományok Szabadiskolája előadásait.

Tagja lehet minden főiskolai hallgató. Évi tagdíj 2 korona.

A Galilei Kör második, harmadik és negyedik évi működéséről szóló jelentést kívánatra bárkinek megküldik.

A Galilei Kör kiadásában megjelent

1. *Harkányi Ede*: Tudomány és katolicizmus. Ara 40 fillér.
2. *Mach Ernő*: Az érzéketek elemzése. Fordította Pólányi Károly. Ara 50 fillér. (Elfogyott. Uj, bővített kiadás sajtó alatt.)
3. *Szende Pál*: A nagybirtok és Magyarország jövője. Ara 40 fillér.
4. *Jászi Oszkár* márciusi beszéde. Ady Endre ünnepi versével. Ara 20 fillér.
5. *Jászi Oszkár*: A nemzetiségi kérdés és Magyarország jövője. Ara 40 fillér.
6. *Bosnyák Béla*: Oros község társadalmi rajza. Ara 40 fillér.
7. *Jászi Oszkár*: A kapitalizmus felbomlása. Ara 20 fillér.
8. *Agoston Péter*: A vármegye. Ara 40 fillér.
9. *A budapesti diáknyomor*. A Galilei Kör statisztikai felvétele. Feldolgozta Bosnyák Béla. Ara 40 fillér.
10. *Lassalle Ferdinand*: Mi az alkotmány? Fordította Fazekas Sándor. Ara 50 fillér.

SZABADGONDOLAT

A Szabadgondolközás Magyarországi Egyesületének és fiókjainak: a Galilei Körnek stb. hivatalos lapja, a legolcsóbb és legtartalmasabb népszerű szociológiai és természettudományi folyóirat. A Szabadgondolat programja a szabadgondolközás elméleti alapjainak fejlesztése és gyakorlati követeléseinek propagálása: szembe száll a vallási, faji, erkölcsi és osztályelőítéletekkel s harcot folytat minden intézmény ellen, mely ezeken alapszik. Megalkuvás nélkül való hirdetője a klerikalizmus és a felekezeti szellem elleni küzdelemnek. Terjeszti a természettudományos világnézetet és tanítja az ennek alapját tevő természettudományi ismereteket. Ismerteti a magyar és külföldi szabadgondolközó mozgalmat és irodalmat. A Szabadgondolat munkatársai a progressziv magyarság legkiválóbbjai.

Havonként egyszer két ivnyi terjedelemben jelenik meg. Előfizetési ára egész évre 4 korona, fél évre 2 korona. Egyes számai tőzsdékben és könyvkereskedésekben 40 fillérért kaphatók. Szerkesztőség és kiadóhivatal: V. ker., Széchenyi-utca 10. szám alatt. Mutatványszámot kívánatra díjtalanul küld a kiadóhivatal.