

ságokat s kétségtelen, ez a törekvés is hozzájárult, hogy műveinek színeképe oly összetett. A Stádiumot például törvénytervezetnek szánja, de ebben a tervezetben lapokra menő párbeszédet halunk az angol Irwing, a hollandus Van-Peng, a magyar Józani, Simaházy közt, beszél a Tisztartó, az Ismerős, a Farmer, vitába kezd a Vén Systéma, beszédhez jutnak a jobbágyok; s a beszélgetésbe beleszól mint külön személy maga Széchenyi is: „Én”. Igazat kell adnunk Dessewffynek, a Hitel taglalójának, aki szerint az író „gyakran szökevényhez hasonlít, kinek szökéseit oly nehéz agári szaladással is utolérni, vagy annak útját elállani, mint a nagy s gyakori ugrások közt futó nyúlét, mert úgy eltér olykor tárgyátul, mintha egészen máshová akarna érní, mint ahova indult.” De éppen ez a sokszínűség, a mondanivaló formai jellegének ez a hatásos változékonysága, a műforma rugalmas kötetlensége különös varázssal hat a mai olvasóra. Ismételjük, mintha írói felfedeztetésének korszaka az esztetikai formák vonalán is csak napjainkban következnek.

INTÉZMÉNYEK, alkotások, eszmék, könyvek — Széchenyi egész életműve úgy tárul fel a mai olvasó előtt, mint egy megragadó, monumentális arányú emlék, amellyel maga örököltette meg magát a légnagyobb magyar. Ha valakinek, Széchenyinek bizonyára nincs rá szüksége, hogy márvány hirdesse nagyságát: szolgálatáról egy ország tehet tanuságot, amelyet ő segített át fejlődésének holt-pontján, s egy nemzet, amely modern életformáját tőle vette. Ez az emlék az utódok kegyeleténél is maradandóbb, Széchenyi életműve benne él titokzatosan felszívódva idegeinkben, benne a magyar földön kialakult életforma arculatában. Mint a székely ballada Kőmives Kelemennéje, verejtékével, vérével tapasztotta és tette időtállóvá az új Magyarország épületét. A költő szavával: „Ő az, ki által lettünk és vagyunk.”

SÁNDOR ISTVÁN.

Az atomtól a kémiai szintézisig.

HA ELGONDOLKOZUNK azon a kérdésen, hogy mi tette az embert igazán emberré, hogy mi az oka annak a káprázatos felemelkedésnek, annak a csodálatos teljesítménynek, amelyet kultúrának nevezünk, úgy nyilván a következő megállapítást tehetjük: az ember akkor lett igazán emberré, amikor a természet erőit először állította céltudatosan szolgálatába. Kipling ugyan cinikusan azt mondja, hogy az első hazugság tette az embert igazán emberré, de szavait nyugodtan ellene fordíthatjuk. Mert: az első természeti igazság meglátása, felismerése és az ember javára való céltudatos fordítása bizonyára fontosabb mérföldkő a kulturálódás, az emberi haladás útján, mint az első hazugság megnyilvánulása.

Amikor a természet erőinek hasznosításáról beszélünk, ezeknek tág értelmezést kell adnunk. Egész környezetünk, biológiai érte-

lemben vett életterünk minden jelensége, érzékelhető változása éppúgy, mint látszólag holt és mozdulatlan anyagszerűsége, a természet titokzatos erőit sugározza felénk. Bizonyára hosszú volt a fejlődés útja az egyszerű eszközök formálásától addig, amíg az ember a természet szolgáltatta anyagot tulajdonságaiban mesterséges behatással meg tudta változtatni, vagyis új, céljainak inkább megfelelő tulajdonságú anyaggá tudta átalakítani. Amikor a természet erőit ilyen értelemben állította először szolgálatba, akkor született meg az első kémiai művelet. Mert kémiai műveletről beszélünk akkor, ha valamely anyagot olyan hatásnak teszünk ki, amely az anyagi mineműséget megváltoztatja; magát a változást pedig kémiai változásnak nevezzük.

Dacára annak, hogy egyes anyagok átalakításának lehetőségét az ember már régen felismerte és ilyen kémiai műveleteket már ősrégi időkben céltudatosan végzett, az anyagi átalakulások törvényeit kutató tudomány — a kémia — a legfiatalabb tudományok közé tartozik. Ez a megállapítás természetesen csak akkor helytálló, ha a tudomány fogalmát az emelkedett szellemű és célú igazságkeresés síkjára helyezzük, s nem tévesztjük össze a mesterség fogalmával.

A kémia akkor lett igazán tudománnyá, — méghozzá alapvető jelentőségű természettudománnyá, — amikor az anyag szerkezetére vonatkozólag az első olyan elképzelés megszületett, amely az anyagi tulajdonságok és megváltozások addig tapasztalt eseteit egységes nézőpontból értelmezni, magyarázni tudta. Ez az elmélet, melyet ma atomelméletnek nevezünk, aránylag igen fiatal, bár gyökerei az antik filozófia talajába nyúlnak vissza. Biztos kiindulópontját csak az angol *Boyle* teremtette meg 1670-ben megalkotott korpuszkuláris elméletével. Hogy az elindulás ezen az úton miért következett be ilyen későn, nem részletezzük. Csak annyit jegyzünk meg röviden, hogy az anyag mibenléte túl korán került az elmélkedés homlokterébe, túl korán szólt bele a filozófia ebbe a kérdésbe. Más szóval: „sok hűhót csaptak semmiért“, ahelyett hogy az anyaghoz, a természet-hez kérdéseket intéztek volna, azaz kísérleteztek volna. Erre a szellemi tevékenységre valóban teljesen ráillett az, amit *Goethe* *Mephisto* szájába ad: „Grau, teurer Freund, ist alle Theorie und ewig grün des Lebens goldner Baum“. — A teóriának a természettudományokban csak akkor van létjogosultsága, ha nem pusztá játék a szavakkal és fogalmakkal, ha alapja elsősorban a megfigyelés és kísérlet s csak ennek kisugárzásaként a képzelet. Ilyen értelmezéssel nagyon is szükség van az elméletre, mert ez valósággal irányítani tudja a kutatást. *Boyle* korpuszkuláris elmélete is a megfigyelés, az észlelet biztos talaján sarjadt ki, s még csaknem 100 esztendő kísérletes kutatótevékenységre volt szükség ahhoz, hogy ez a kicsi palánta az angol *Dalton* és olasz *Avogadro* lángelméjű gondolatává, az atom- és molekulaelméletté tudott terebélyesedni.

Az atomelmélet biztos alapján a kémia végre a múlt század elején rohamos fejlődésnek indult és — ha szabad így szólunk — olyan tüneményes pályát futott meg, amilyenhez foghatót alig találunk a tudományok történetében. Az anyagi világ csodálatos tit-

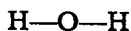
kai rendre feltárultak a kutatás előtt s az anyagi átalakulások, vagyis kémiai változások törvényeinek felismerése mind újabb és újabb lehetőségek és célkitűzések tisztán kijelölhető útját nyitotta meg. A kémiai kutatást immár a rendszeresség hatotta át, amely pazar bőséggel termette gyümölcsét a jelentősnél jelentősebb eredményekben. Ezeknek az eredményeknek nemcsak elvont tudományos jelentőségük volt, hanem a gyakorlat szempontjából is a lehető legfontosabbnak látszottak, méghozzá anélkül, hogy az atomelmélet alapján megindult kémiai kutatás elsődleges célja a gyakorlati haszonra való törekvés lett volna. A nagy tömegek elől elzárkózott laboratóriumokban folyt ez a lelkes kutató munka, amely nem akart mást, mint legyőzni az anyagot, feltárni ennek titkait, a természet szolgáltatja sok ezernyi anyag szerkezetét kifürkészni, s a természet anyagok teremtésében utánózni, sőt — ha lehetséges — ezen a téren éppenséggel túlszárnyalni. Ez az elmélyülő munka olyan eredményekre vezetett, amelyek az utóbbi 100 esztendő folyamán az emberiség egész életformáját a legmesszebbmenően befolyásolták. Most bontakozott ki szembetűnően az a tény, hogy a kémia valóban alapvető jelentőségű természettudomány. Mert a kémiai kutatás eredményei szárnyakat adtak a többi természettudománynak; a fizika és biológia éppúgy hatása alá került, mint az alkalmazott természettudományok közül pl. az orvostudomány, a műszaki tudományok vagy éppenséggel megélhetésünk alapja, a mezőgazdaság vagy pedig az iparnak úgyszólván valamennyi ága.

AZ ATOMELMÉLET szerint az anyag korpuszkuláris szerkezetű, vagyis végső elemzésben parányi részecskékből tevődik össze; ezek a parányi részecskék az *atomok*. Összesen 92-féle atomfajtát ismerünk, tehát 92-féle elemi alkatrészt, amelyekből a legváltozatosabb tulajdonságú anyagok épülhetnek fel. Az atomok ugyanis legnagyobb részét „társas lények”-nek volnának nevezhetők, nem szeretik az egyedüllétet. Összetársulnak kettesével, hármasával vagy éppenséggel százával, ezrével, s alkotják az ú. n. *molekulákat*. A molekula az a legkisebb anyagi részecske, amely az általunk érzékelhető anyag kémiai tulajdonságait még mutatja. Amit azonban érzékszerveinkkel közvetlenül vagy műszereink segítségével észlelünk, az mindig a molekulák nagy halmaza. Mert az atomok rendkívül piciny egységek s így az összetársulásuk révén létesült molekulák emberi fogalmaink szerint még mindig rendkívül kicsinyeknek volnának nevezhetők. Hogy ezekről a méretekről valamilyen fogalmunk legyen, képzeljük csak el, hogy 1 csepp vízben körülbelül 1500 trillió vízmolekula zsúfolódott össze! Egy cseppnyi víz tehát a vízmolekuláknak már rettenetes nagy tömegét tartalmazza, amelyek mind egyenlőek; lényegileg 1000 darab vízmolekula — ha érzékszerveinkkel észlelni tudnók — ugyanolyan anyagi tulajdonságokat mutatna, mint 10 billió vízmolekula, vagyis ugyanaz az anyag volna, amit mi víznek nevezünk.

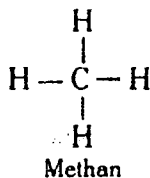
Az anyagok minden fizikai és kémiai tulajdonságának hordozója tehát a molekulák halmaza, ill. maga a molekula, amely további elemzésben atomokból tevődik össze. Ha *egynemű* atomok társul-

nak össze molekulákká, a kémikus nyelvén elemről beszélünk. Elem pl. a kén, az arany, a tiszta vas, a szín-réz, a higany, az égést tápláló oxygen, a fojtó szagú chlor, stb. Nyilvánvaló, hogy ugyanannyi elem létezik, ahány atomfajta, vagyis 92. Ha már most *különnemű* atomok társulnak össze molekulákká, olyan anyag jön létre, melyet a kémikus nyelvén vegyületnek nevezünk. Vegyület pl. a víz, mert molekuláit hydrogen és oxygen atomok alkotják; a rézgalic, mert molekuláit réz, kén és oxygen atomok alkotják; a cukor, mert molekuláit szén, hydrogen és oxygen atomok alkotják, stb. És mennyi lehet a vegyületek száma? Gyakorlati értelmezéssel nyilván korlátlan; mert a különféle atomok a legváltozatosabb módon és a legváltozatosabb mértékben vehetnek részt a különféle molekulák felépítésében. Az pedig, amit közönségesen anyagnak nevezünk, már valóban áttekinthetetlenül sokféle lehet, mert hiszen nem feltétlenül egységes szerkezetű molekulák halmaza alkotja, hanem ez az „anyag”-nak nevezett molekulahalmaz többféle molekulából, vagyis többféle vegyületből és esetleg elemből tevődhet össze.

AZ ATOMELMÉLET alapjára helyezkedve a kémiai kutatás mindenekelőtt az atomtársulás törvényeit igyekezett feltárni. Kintűnt, hogy ezek a társulások nem tetszésszerűen számarányban történnek. Így például 1 oxygen atom 2 hydrogen atommal társul vízmolekulává, de sohasem történik meg, hogy 1 oxygen atom 3 hydrogen atommal társulna. Ez a törvény, melyet sok-sok vegyületmolekula atomviszonyainak a tanulmányozása alapozott meg, az ú. n. *vegyérték* fogalmának kialakulásához vezetett. Képzeljük el, hogy az atomok piciny élőlények, amelyek kezekkel rendelkeznek s ezeknek a kezeknek segítségével egymáshoz kapaszkodhatnak, mintegy kezet foghatnak egymással. Az atom vegyértéke azt fejezi ki, hogy hány keze van ennek a piciny képzeletbeli lénynek. Az oxygenatom-élőlénynek pl. 2 keze van, másképp szólva: 2 vegyértékű, a hydrogenatom-lénynek csak 1 keze van, ez tehát 1 vegyértékű, ezzel szemben a szénatom-lénynek 4 keze van, a kémikus nyelvén szólva tehát 4 vegyértékű. Ha a vegyérték fogalmával tisztában vagyunk, akkor tulajdonképpen már a molekulák képződését és szerkezetét is el tudjuk képzelni. Amikor pl. a hydrogenatomok az oxygenatomokkal vízmolekulákká egyesülnek, akkor mindegyik oxygenatom-lény 2 hydrogenatom-lénnyel úgy tudott kezet fogni, hogy egyik társuló szövetségésének sem maradt valamelyik keze szabadon. A kémikus szimbolikus jelölésmódjával tehát a vízmolekula szerkezetét így fogjuk jelölni:



Ennél a jelölésnél a H betű a hydrogenatomot, az O betű az oxygenatomot jelenti. — E jelölés alapján adjuk meg az oxygenmolekula és a methanmolekula szerkezetét is. Az oxygenmolekula szerkezetének vázlatából mingyárt azt is láthatjuk, hogy az atomok a molekulakötélékben több vegyértékkel is fűződhetnek egymáshoz:



Persze ezek az ábrák csak egyszerűsített molekulatervrajzoknak tekinthetők. Mert a valóságban az atomok és molekulák nem síkbeli, hanem 3 dimenziós térbeli képződmények s az atomokat leegyszerűsítve gömböknek képzelhetjük el. E mellett azt sem szabad elfelejtenünk, hogy amikor az atomok egymás hatószférájába kerülve molekulákká társulnak össze, annyira szorosan záródnak egymáshoz, hogy valósággal deformálódnak.

Amikor a vegyérték fogalmát a német Kekulé 1858-ban megalkotta, még semmi elképzelésünk nem volt arranzve, hogy mi az a titokzatos erő, amely az atomokat egymáshoz fúzi s amelyet mi a vegyértékkal juttatunk kifejezésre. A modern kémiai kutatás, amely a radioaktivitás jelenségéből indult ki s amely az atomot magát is bonckése alá tette, erre is megadja a feleletet. Ezeket a vizsgálatokat még vázlatosan sem ismertethetem, bár eredményeik valósággal lenyűgöző hatást tesznek minden gondolkodó emberre. Az antik filozófia homályosan sejtett őszanyag-elve az exakt tudomány ragyogóan tiszta köntösében jelenik meg a modern kutatási eredményekkel kifinomodott atomelméletben, mint egy nagy szintetikus gondolat, amellyel a modern kémia és fizika, ez a két alapvető jelentőségű természettudomány, a szó igazi értelmében bölcséleti távlatokat nyitó magaslatra emelkedett. Soha azelőtt hatalmasabb, átfogóbb magyarázó elv emberi elmében nem született, mint amilyen a modern, kifinomodott atoméletben kifejezésre jut; az ember szelleme ennél káprázatosabb szellemi művet a természettudományok területén még sohasem alkotott!

Anélkül, hogy a vegyértéknek nevezett rejtélyes erő eredetét közelebbről érintenénk, mondhatjuk, hogy a vegyérték az atomok vegyülési készségének és e vegyülési készség mértékének kifejezője. Ezt a vegyülési készséget különösen változatos módon találjuk meg a 4 vegyértékű szénatomoknál, amelyek egymással és más atomokkal igen nagy atomszámú molekulákká társulhatnak össze s ily módon a legváltozatosabb fizikai és kémiai tulajdonságú vegyületek, ú. n. szénvegyületek, jöhetnek létre. A kémiának azt a különleges ágát, amely a szénvegyületekkel foglalkozik, szerves kémiának nevezzük. Ez a név jól sejteti velünk, hogy a szénvegyületeknek valami közük van a szervekhez, az élőlények anyagállományához, magához az élet jelenségéhez. Valóban itt kell kerésnünk a kifejezés eredetét.

Egészen 1828-ig az volt a tudományos felfogás, hogy az élő sejt produktumait a kémikus sohasem fogja tudni retortájában megcsinálni, mert ezeknek az anyagoknak a létrejöttében az élő sejtben működő életerő, az ú. n. „*vis vitalis*“ uralkodó szerepet játszik. Már akkor észrevették, hogy mindezen vegyületek közös építőeleme a

szénatom s hogy az élőlények anyagállománya maga is bonyolultnál bonyolultabb szénvegyületek halmaza. A régi elméletet a német Wöhler 1828-ban tett felfedezése megdöntötte, mert laboratóriumban mesterséges úton olyan anyagot készített, amelyet azelőtt az élő sejt tipikus és utánozhatatlan produktumának tartottak. És ezzel a felfedezéssel elindult a szerves kémia a maga diadalmas útján. Ennek talán legfontosabb eredménye az, hogy nemcsak az élő sejt által termelt, bonyolultnál bonyolultabb szénvegyületek molekulaszervezetét sikerült feltárni, hanem ezeknek a vegyületeknek nagy részét mesterségesen már elő is tudjuk állítani, ahogy mondani szoktuk: szintézisüket meg tudtuk valósítani. Míg a múlt század negyvenes éveiben alig néhány száz egyszerűbb szénvegyület szerkezete volt csak valamennyire ismeretes és még kevesebb szénvegyület kémiai szintézise volt megvalósítható, addig ma már csaknem félmillió a szerkezetileg minden finomságukban ismert szénvegyületek száma. Sőt ezek között rengeteg a mesterséges termék, amelyet a természet egyáltalában nem is hoz létre.

Ennek a nagy sikernek az a titka, hogy a szerves kémiai kutatás helyesen választotta meg elvi módszerét. Ennek az elvi módszernek lényege az, hogy az először kezünkbe kerülő szénvegyületnek mindenekelőtt a molekulaszervezetét kell kikutatnunk, ha azt igazán meg akarjuk ismerni. Meg kell tehát tudnunk azt, hogy a molekulát milyen atomok alkotják, azok milyen számmal szerepelnek a molekula-építményben, s hogyan, milyen térbeli elrendeződéssel kapcsolódnak egymáshoz. Csak ha már ezt a titkot megfejtettük, akkor tűzhetjük ki magunk elé a másik fontos célt: az adott szerkezetű szénvegyület elkészítését, amint a kémikus mondja: szintézisét.

A MOLEKULASZERKEZET feltárása sokszor a legnehezebb probléma elé állítja a kutató kémikust. Ilyen kutató munka menetének csak vázlatos megértéséhez is már elriasztóan sok szakismertetre volna szükség. Itt a fő nehézség abban rejlik, hogy nem lehet a kutatást valamilyen kialakult sablón szerint elvégezni, hanem ahány anyag, annyi vagy esetleg még többféle úton kell járnunk. Így azután a kutató egyéni invenciója, leleményessége, több kutató szoros együttműködése is döntő szerepet játszik a szerkezet kutatásában. Itt folytonosan megnyilvánul a kémiának a minden más tudománnyal közös sajátága, hogy fejlődési menete a kutató lángelmék egyéni meglátásának függvénye volt. Bizonyára ez a gondolat hatotta át Fischer Emilt, a szerves kémia kiválóságát következő nyilatkozatában: „A tudomány nem absztrakt valami, hanem — mint az emberi munka eredménye — egész fejlődési menetében szorosan összefügg azoknak a személyeknek egyéniségével és sorával, akik a tudománynak szentelik életüket“.

Amilyen súlyos probléma sokszor a molekulaszervezet titkának feltárása, annyira fontos szerepet játszik e művelet a szerves kémiai kutatásban. Mert csak a molekulaszervezet ismerete nyitja meg a szintézis útját a kémikus előtt. A molekulaszervezet az a műszaki terv, amely a szintézis alapjául szolgál s e műszaki terv

ismerete nélkül a vegyész alkotási láza csakhamar lehülne az eredménytelenség dermesztő hidegétől. — Hiába állapítja meg tehát a kémikus, hogy például az indigóban, a B-vitaminban, a morfiumban, a chininben, ezekben a szén, hydrogen, nitrogen és oxygen atomokból felépült molekulájú vegyületekben, hány % a hydrogen, hány % a szén, hány % a nitrogen és hány % az oxygen; ezeknek az adatoknak alapján még azt sem fogja tudni megmagyarázni, hogy az említett anyagok fizikai, kémiai és egyéb tulajdonságaiban, például az élő szervezetre gyakorolt hatásaiban, miért mutatkoznak oly messzemenő különbségek. És — ami gyakorlati szempontból különösen fontos — fogalma sem lesz arról, hogy ezeknek az anyagoknak mesterséges előállítását — amint a kémikus nevezi: szintézisét — milyen úton-módon lehetne megvalósítani.

Talán szabad ezt a kérdést hasonlattal is megvilágítanunk. Képzeljük el, hogy valahol egy messzi szigeten egy értelmes technikus él, aki azonban sohasem látott sem repülőgépet, sem explóziós motort, sőt ezek felfedezéséről sem hallott még soha. Ettől az embertől azt kívánja valaki, hogy értse meg a repülőgép szerkezetének elvét, sőt konstruáljon is repülőgépet. Az illető ugyanis hallotta, hogy valamely távoli földrészen emberek élnek, akik ezt a problémát már megoldották és a maga részéről sikerült is ennek a csodálatos gépnek jellemző „műszaki adatait“ megtudnia. Ezzel előveszi feljegyzéseit és közli a következő adatokat: a repülőgép áll *a* % aluminiumból, *b* % magnesiumból, *c* % acélból, *d* % rézből, *e* % gumiból, *f* % bőrből, *g* % üvegből stb. Amennyit az említett technikus ez adatok alapján a repülőgéphez érteni fog, annyit ért a kémikus anyagához, ha annak csak elemi, százalékos összetételét ismeri. Ha pedig anyagának szerkezetét nem érti, akkor azt bűvös retortájában sem tudja elkészíteni. Esetleg rábiztatja magát a véletlenre, minden kutatás e jótékony segítőtársára; de ez a munkatárs nagyon megbízhatatlan, számítani rá nem lehet. Mert valaki találhat ugyan az utcán is pénzt; de bizonyára felkopna az álla annak, aki arra építené megélhetését, hogy naponként ki fog járni az utcára pénzt találni!

Az elmúlt 100 esztendő molekulaszervezet-kutatásai a kémia történetének szinte legfontosabb szakaszát jelentik. A laikus talán nem is sejti, milyen döntő jelentősége volt e kutatásoknak éppen azoknak a kémiai szintéziseknek megalkotása szempontjából, amelyek a gazdasági életben is kimagasló jelentőségűek.

BRUCKNER GYŐZŐ.