

A CHEMIAI ELEMEEKRŐL. *)

Megvallom, egy kissé aggódva fogok a választott thema fejtegetésébe, mert a tárgy olyan terjedelmes, hogy azt minden oldalról megvilágítani egy rövidke előadásban nem lehet. Hogy mégis e themát választottam, annak oka az, mert úgy hiszem, hogy mélyen tisztelt hallgatóságomat érdekelni fogja, ha egyet-mást az elemek titokzatos világából megtud; érdekelni fogja e titokzatos világba belépni, ott kissé széttékiteni és meggyőződni arról, hogy milyen sok az, a mit még nem tudunk, milyen kevés, a mit tudni vélünk és mennyire csekélység, a mit valóban tudunk.

Előadásom hézagos volna, ha a chemiai elem fogalmának történeti fejlődését mellőzném; ezt azért sem tehetem, mert meggyőződésem, hogy semmi sem olyan tanulságos önművelődésünkre, mint a természettudományok fejlődésének története. Ne gondolják, tisztelt hallgatóim, hogy mikor ezt olyan határozottsággal állítom, belőlem az egyoldalú természetbuvár szól; ne gondolják, hogy a természettudományok iránt való lelkesedés ragad a különben megbocsátható gyöngeségre, a természettudományok fejlődését mint a legtanulságosabbat előtérbe állítani.

A természet nyílt könyv, a melyben mindenki jogosítva van olvasni, a ki az olvasásra szükséges betűket megismerte. Mindenki megfigyelheti a természeti jelenségeket és megkísértheti azok magyarázatát. Nem állunk itt tantételekkel szemben, a melyeket megvitatni azért nem lehetne, mert valamely tudományos tekintély szava egész súlyával a tételt

*) Előadatott a «Mária-Dorottya» egyesület estélyén.

igaznak jelentette ki; szemben állunk törvényekkel, a melyek kivételt nem tűrnek, s a melyeket a legfurfangosabb okoskodással sem lehet kijátszani. A természeti jelenségeket egyformán látjuk mindannyian lefolyni, de nem egyformán fogjuk föl s ennél fogva nem egyformán magyarázzuk. E magyarázatban, az okok fürkészésében érvényesül az emberi gondolkodás és az e révén kapott eredményeket tárgyilagosan ellenőrzi az ő változhatatlan törvényei kapcsán maga a természet. Sokszor megesisik, hogy ugyanazon természeti jelenség magyarázatában ellentétes fölfogások állanak egymással szemben és mindegyik fél a maga fölfogása helyességét igyekszik bizonyítani; de a vitát soha sem dönti el valamely felsőbb tekintély, bíróság vagy többség, hanem mindig maga a nagy természet. Csupán Galilei jól ismert esetére utalok, mikor kénytelen volt nyilvánosan, tudományos meggyőződése ellenére, ünnepélyesen kijelenteni, hogy nem a föld mozog a nap körül, hanem megfordítva. Emberileg kényszeríthető volt Galilei e nyilatkozat megtételére, de ezzel a vitás kérdés nem volt elintézve. Eldöntötte a kérdést maga a nagy természet, a mely nem zárkózik el soha az alapos megfigyelés elől s mindig szolgáltat a megfigyelőnek tényeket, melyek a döntésre vezetnek. Így volt ez a természettudományokban kezdettől fogva és így van ma is. Az ember mindig harcban áll a természettel s ez évezredes harczból az tűnik ki, hogy kivétel nélkül mindig az ember téved, soha sem a természet. Ezért tanulságos, önművelésünk szempontjából, a természettudományok fejlődéstörténetével megismerkedni. Megtanuljuk belőle, hogy mennyi fáradságos munka kívántatik meg a legegyszerűbb igazságok fölismerésére; megtanuljuk, hogy mily kevés az, a mit a természet titkaiból eddig el tudtunk lesni és milyen főnhéjázás, ha magunkat a természet urának valljuk.

A chemia fiatal tudomány s így az a fogalom is, a melyet a chemiai elem névhez kötünk, ar nylag új. Az ókori népek, különösen pedig a nagy műveltségű görögök a chemiai elem fogalmát nem ismerték. Ők foglalkoztak ugyan a természettudományokkal, de a siker, ahhoz képest, a melyet más tudományszakokban és a művészetben elértek, nagyon csekélynek mondható.

Ennek okát abban kell keresnünk, hogy bűvárlati módszereik nem voltak megfelelőek. Ők a tudományos bűvárko-

dásban a deductiv módszert követték, azaz fölállítottak általános érvényűnek tekintett tételeket s ezekből kiindulva, törekedtek a részleteket, az egyes természeti jelenségeket megmagyarázni. Elegendőnek tartották a természetet megfigyelni, de kísérletek tételébe nem bocsátkoztak. Ilyen eredetű Aristoteles négy eleme: a tűz, víz, levegő és föld. Szerinte e négy elem alkotja a testeket s ez igaznak elfogadott tétel alapján magyarázta ő is és utódai is a testek különböző tulajdonságait, mint hideg, meleg, kemény, lágy, szilárd, folyékony stb. Aristoteles tana lényegtelen változtatásokkal tizenkét századon keresztül el volt fogadva. E hosszú idő egy mindenhatónak képzelt test vagy anyag fölfedezésére fordított; melyet a bölcsek kövének neveztek. A görög bűvárlati módszernek megfelelő volt, hogy lassanként kifejlődött és igaznak tekintett az a nézet, mely szerint kell létezni egy testnek, a mely minden fémeket arannyá, minden követ drágakővé változtat, minden betegséget meggyógyít stb. és ez a bölcsek köve. Ez a nézet általánosan igaznak ismertetett el és tizenkétszáz esztendő kellett, hogy valótlanságáról meggyőződjének. Ez a korszak a tudományos chemiát egy lépéssel sem vitte előre. Ha voltak is egyesek, a kik helyesebb irányban működtek, ezek figyelmen kívül hagytak vagy épen a nagy többség auctoritásával elnyomattak. Noha e korszak a tudományos fölfogás tisztázásához nem járult, azért az még sem volt lényegtelen hatás nélkül a chemia tudományos irányban való fejlődésére.

A törekvés a bölcsek követ előállítani, számos fölfedezésre vezetett, melyeknek a későbbi korszakok nagy hasznát látták. A tudományos ismeretek megebővültek; számos új test lett ismeretessé a melyek részint véletlenül fedeztetek föl, részint az e korszakban fölfedezett új világrészből, Amerikából kerültek ki. Az ismeretek folytonos gyarapodása lehetővé tette, hogy végre a XVII. század végén és a XVIII. elején a kémiai jelenségekkel általánosabb szempontból és behatóbban kezdtek foglalkozni. Ekkor történt az első kísérlet, a kémiai jelenségek között a kapcsolatot, a tapasztalás szolgáltatja tényekből kiindulva, fölismereni; ekkor állítottatott föl az első kémiai elmélet. Ez elméletnek lényege az volt, hogy minden elégethető testben ugyanazon alkatrész van jelen s ezt az alkatrészt phlogistonnak nevezték. A test elégésekor a phlogiston elszáll

s a hamu marad vissza, mely a test másik alkatrészének tekintetett. E hypothesis-sal sikerült az égés tünetényeinek és mindazon chemiai változásoknak, a melyek az égéssel, mint chemiai folyamattal kapcsolatban állanak, legalább minőségi irányban magyarázatát adni. Stahl, a ki ez elméletet fölállította, a testeket úgy tekinté, hogy azok alkatrészekből állanak, a mely alkatrészeket elő is lehet állítani. A különböző alkatrészek egymással vagy a phlogistonnal egyesülve alkotják a testeket. Az olyan testet, a melyből alkatrészeket elkülöníteni nem sikerül, alapanyagnak — vagy a mint ma mondjuk — elemnek tekintette. Ezekben benne foglaltatik a chemiai elem mai fogalma. Stahl utódai kísérleti alapon mind jobban kidomborították e fogalmat s a régi, még a görögöktől származó nézetet nem sokára általánosan elvetették.

E rövid, kis történeti visszapillantás után térjünk át tulajdonképeni tárgyunkra.

Mi a chemiai elem? Az olyan testeket, a melyeket a chemia mostan ismert módszereivel alkatrészekre szétbontani nem lehet, chemiai elemeknek tartjuk.

Engedjék meg a mondottakat egy-két példával megvilágosítanom. A vizet forralással vagy megfagyasztással nem változtathatjuk meg; bizonyítja ezt az a körülmény, hogy úgy a gőznek mint a jégnek chemiai tulajdonságai azonosak a vízével. Ha azonban a vizen elektromos áramot bocsátunk keresztül, akkor belőle két gáz keletkezik, a hidrogén és oxigén, a melyeknek a tulajdonságai merőben különböznek egymástól is és a víztől is. E két gáz egymással elégetve ismét vizet ad. E szerint a vizet lehetséges két olyan testre szétbontani, a melyeknek a víz alkatrészeinek kell lenniök, mert egymással elégetve, vizet adnak. A víz tehát nem elem. Azt a két gázt azonban, mely a vízből keletkezett, a hidrogént és oxigént, nem sikerült semmi ismert módszerrel alkatrészekre bontani. Ezeket ennél fogva chemiai elemeknek tekintjük. A márványból hevítéskor szintelen gáz fejlődik, a melyre, mivel a mészvizet megzavarosítja, könnyen reáismerünk, hogy az szénsav; e közben a márványból égetett mészsav lesz. Ezek szerint a márványnak alkatrészei a szénsav és az égetett mészsav. Vajon ezek chemiai elemek? Nem, mert a szénsavat szénre és oxigénre, az égetett meszet pedig egy fémre, a calciumra és oxigénre lehet fölbonthatni. A szenet, calciumot, oxigént azonban ismét

alkatrészekre bontani, ez idő szerint nem tudjuk, tehát őket chemiai elemeknek tartjuk.

Ha megkérdeznék tisztelt hallgatóim, mondjam meg pontosan, hány chemiai elemet ismerünk ez idő szerint? bevallom, zavarba jönnék. Pontosán megmondani ezt azért nem lehet, mert azok között a testek között, a melyeket elemeknek tartottak és részben tartunk még most is, vannak olyanok, a melyekről már a közelebbi jövőben várható, hogy nem-elemiségök kiderül. De bennünket nem is az érdekel, hogy ez idő szerint hány elemet ismerünk, hanem inkább az, hogy milyenek azok a chemiai elemek.

Nem lehet szándékomban ezeket az elemeket egyenként megismertetni, leírni és sajátásaikat részletesen bemutatni; ez már a rendszeres chemiai előadások körébe tartozik. Én ez alkalommal csupán egy körülményre óhajtom a figyelmet fölhívni, s ez az, hogy az elemek némelyike között a legnagyobb hasonlatosság mutatkozik. Ez alapon indulva, igen érdekes kis tanulmányt végezhetünk.

Az elemeket két nagy csoportra szoktuk osztani: fémekre és nem-fémekre. A fémek között a hasonlatosságot még a laikus is könnyen fölismeri. Szín, nyújthatóság, fémfény, szívósság közös tulajdonságuk. Ha azonban a fémek chemiai tulajdonságait vizsgáljuk, ebben is hasonlóságokra bukkanunk, a melyek gyakran olyan nagyok, hogy a fémek megkülönböztetése nehezzé válik. Lássunk mindenekelőtt egy-két concret esetet.

Itt van az a két elem, a melyeket először Davy állított elő 1807-ben, a kálium és a nátrium. Az előbbi a hamuzsírnak, a borkőnek, az utóbbi a konyhasónak, szódának alkatrésze. Mind a kettő fém; lágy, nyújtható; a levegőn egy-két pillanat alatt megrozsdásodnak; a vizen úsznak és egyszersmind meggyuladnak rajta. A hasonlatosság oly nagy közöttük, hogy biztos megkülönböztetések abban áll, hogy a kalium fakó-ibolyaszínűre, a natrium sárgára festi a szintelen lángot. E fémekhez sorakozik, hasonló tulajdonságainál fogva, a lithium, rubidium és cæsium. Ez öt fém tulajdonságai igen nagy mértékben egyezők és csak csekély eltérések azok, a melyeknél fogva őket egymástól meg tudjuk különböztetni.

Hasonlítsuk össze a jól ismert zinket a magnesiummal. Mind a kettő szürkés-fehér fém, nyújtható, a levegőn nem

nagy mértékben rozsdásodik. Hevítve meggyuladnak és mind a ketten fényes, kékés lánggal égnék; savakkal leöntve heves pezsgést okoznak, mivel hidrogént fejlesztenek a savakból stb. E két fém kémiai caractere is hasonló, a mennyiben ugyanazon hatásokkal szemben ugyanazon módon viselkednek.

Ilyen hasonlatosságokat találunk a mangan és vas, a nickel és cobalt között. Kémiai tulajdonságaiban hasonlók egymáshoz a higany és réz, az ón és platina stb.

Nehogy azt higyjék, tisztelt hallgatóim, hogy ilyenféle hasonlatosságot csakis a fémek között találunk, megemlítek egy-két esetet a nem-fémes elemek csoportjából is. A chlor, brom és jód, ez a három nem-fémes elem fizikai tulajdonságaiban eltér egymástól, de azért ebben is vannak közös sajátságok. Így például mindannyian színesek: a chlor zöldes-sárga, a brom vörösbarna, a jód ibolyaszínű gőzállapotban; szaguk nagymértékben hasonló és kellemetlen. Kémiai tulajdonságaik még nagyobb mértékben hasonlóak. Hidrogennel savakat alkotnak, a melyek szintén nagyon hasonló tulajdonságúak. A fémekkel könnyen egyesülnek és hasonló tulajdonságú testeket adnak. Ilyen meglepő hasonlatosság mutatkozik a kén selen, továbbá az arzén és antimon, a silícium és szén között stb.

Ha a kémiai elemeket az itt jelzett szempontból tanulmányozzuk, meggyőződünk, hogy egyes elemek vagy elemcsoportok tagjai sajátságaik lényeges részében egymással megegyeznek; de egyszersmind azt is tapasztaljuk, hogy e sajátságok fokozatosan változnak. A kalium és natrium egymáshoz nagyon hasonlóak; a natrium és lithium szintén nagyon hasonlóak, de ha a kaliumot a lithiummal hasonlítjuk össze, a még mindig meglevő hasonlóság mellett már nagyobb eltéréseket találunk. E tekintetben lánczhoz hasonlíthatnám az elemcsoportokat, melyeknek tagjait a láncz egyes szemei képviselik. A lánczszemek hasonló alakúak, de alakjuk és nagyságuk fokozatosan változik. Itt-ott egy-egy szem hiányzik még a lánczban, de reményünk lehet, hogy a hiány pótoltatni fog, mert az utóbbi évtizedekben történt fölfedezések már több ilyen hézagot kitöltöttek.

Egybe vetve minden tapasztalatot, hogyan vélekedjünk a kémiai elemek között lévő, sokszor meglepő nagy hasonla-

tosságról ; tekinthetjük-e azt pusztá véletlennek, vagy valamely mélyebben fekvő, eddig föl nem ismert ok következményeinek ? A kérdésre a feleletet ma biztossággal nem, csak valószínűséggel adhatjuk meg. A válasz keresése olyan térre visz bennünket, a melyen egyik leghathatósabb fegyverünket, a kísérletet kénytelenek vagyunk ez idő szerint nélkülözni. Magára marad a gondolkodás, a mely — mint a tudományok története bizonyítja — könnyen megtéved s így az olyan kérdéseket, melyeket kísérletileg nem vizsgálhat, csálhatatlanul megfejtetni nem tudja. Ilyen kérdés az elemek hasonlatosságának az oka. A míg nem tudjuk e kérdést kísérletileg helyesen formulázni, addig természetesen nem várhatunk reá választ ; mert a természet nem előlegez, de azután, ha a megfelelő modorban fordulunk hozzá, nem is tagad meg semmit. Rajtunk áll tehát, hogy a helyes irányt megtaláljuk ; rajtunk áll, hogy ennek megkeresésére fölismerjük az intéseket, a melyekkel a természet szolgál. Az irányt, a melyben e kérdés megoldására törekednünk kell, még nem találtuk meg ; de az intések, a figyelmeztetések közül már sokat fölismertünk. Ma tehát csak arról okoskodhatunk, hogy a jövőben megtalálándó bűvárlati módok a valószínűség szerint milyen irányban fogják e fölmerült kérdésre a választ megadni.

A nagy hasonlatosság, a mely gyakran két-három, sőt néha több elem között tagadhatatlanul tapasztalható, első sorban azt a gondolatot költi föl bennünk, hogy az ilyen elemek talán nem is különböznek lényegileg egymástól ; hogy alapanyaguk voltaképen egy és ugyanaz, csak sajátságaik különbözőségének nem tudjuk az okát. Ez a gondolat nem indokolatlan, mert hasonló eseteket nagy számmal ismerünk. Például szolgálhat a kristályos phosphor és a vörös phosphor. E két testről tudjuk, hogy alapanyaga mindeniknek ugyanaz : a phosphor, a chemiai elemnek ismert phosphor ; de azért e két test sajátságaiban eltér egymástól s ha nem ismernők a módját, hogyan lehet a két testet egymással átalakítani ; hogyan lehet a kristályos phosphort vörös phosphorra és viszont változtatni, akkor e kétféle phosphort bizonyára külön-külön chemiai testnek tartanánk. Más példa a kén ; ezt meg éppen háromféle módosulásban, háromféle alakban ismerjük. Az oxigént két féleségben, az arsent szintén kétféle minőségben, a szenet háromféle minőségben, mint gyémánt, graphit és közönséges szén, ismerjük. Vajon nem ilyen eset-e az, hogy a

különböző chemiai elemek annyira hasonlítanak egymáshoz? Vajon a hasonlatosságnak nem az-e az oka, hogy ezek a chemiai elemek lényegileg nem is különböző testek, hanem egy és ugyanazon alaptestnek módosulásai, oly formán, de még fokozottabb mértékben, mint a hogy a kristályos phosphor és vörös phosphor egy és ugyanazon alaptestnek módosulása? Valóban e gondolatok nem egészen jogosulatlanok, mivel ismert tényekből analogia útján következtethetők; de az, hogy vajon bennök rejlik-e az igazság, csak akkor válik bizonyossá, ha majdan a tudománynak sikerül az egymáshoz hasonló elemeket egymással tényleg átalakítani. Erre most nincs kilátás, de a jövőben . . . Ki tudná megmondani, mit hoz a jövő!

Ha az derülne ki, hogy az egymáshoz hasonló elemek egy és ugyanazon alaptestnek módosulásai, akkor a chemiai elemek jelenlegi száma tetemesen megcsökken; de erre más okból is van kilátás, mert analogia útján az a következtetés is megengedett, hogy nem mind chemiai elem az, a mit ma annak tartunk. Nem is egészen 100 esztendeje, hogy a maró kálit és maró nátront chemiai elemeknek tekintették, mert nem volt mód őket alkatrészekre bontani. Davy azonban az ő híressé lett nagy elektromos batteriájával megmutatta, hogy ez elemeknek vélt testeknek sajátos fémek az alkatrészei, a főntebb már szóba került kalium és natrium. E fölfedezést számos hasonló más követte. Kiderült, hogy a mésznek, magnesiának, baritnak stb. szintén fémes alkatrészei vannak. Abban az időben (e század elején) egy egész sor test letűnt a chemiai elemek közül. Ki tudja, nem fog-e hasonló eset ismétlődni; nem fogunk-e módot találni, melylyel a most elemeknek tartott testeket alkatrészekre bonthatjuk? A chemiai elemek száma jelenleg 70 körül van; lehet, hogy e szám a közelebbi jövőben még növekedni fog, de valószínűnek látszik, hogy a távolabbi jövőben, a tökéletesebb bűvárlati módszerek korszakában tetemesen csökken.

Még egy más szempont is kínálkozik a kérdés megvilágítására. Az úgynevezett szerves vegyületek négy-öt elemből alkotvák s mégis ezerekre megy számuk. Vajon annak a teremtető erőnek, a mely e négy-öt elemből a testeknek ezrekre menő sokaságát tudta megalkotni, éppen hetven chemiai elemre lett volna szüksége, hogy a mindenséget megalkossa? A mindenséget, mondom, mert a mennyire mai ismereteink

terjednek, más világtestek is olyan kémiai elemekből állanak, mint a mi szerény földünk. Valóban nehéz bele nyugodni abba a gondolatba, hogy a természetnek éppen hetvennegy-két elemre lenne szüksége, hogy a testeket ezekből megalkossa. Hiszen mai tudásunk szerint 3—4 elemből is sok ezer test keletkezhetik s így mai sejtéseink szerint valószínűleg elegendő kevesebb, két vagy éppen csak egy őanyag, hogy a természet alkotó ereje a testek sokaságát létrehozza.

A kémiai elemek tulajdonságai között mutatkozó hasonlatosság tanulmányozásából kiindulva, arra az eredményre jutottunk, hogy jogosult az a sejtélem, mely szerint a kémiai elemek száma kevesebb annál, mint a mennyit ma ismerünk. Ennek valószínűségét nemcsak a hasonlatosság, hanem — mint láttuk — más tapasztalati tények is támogatják. A természet tehát ez esetben is szolgál bizonyos intéssel, figyelmeztetéssel, melyről föntebb szolttam, s hogy ha megtaláljuk a bűvölet helyes irányát, kilátásba helyezi, hogy a fáradozást siker koronázza.

Eljutottunk, tisztelt hallgatóim arra a határra, a meddig biztos talajon, a mai kémiai ismeretek vezérlete alatt haladva, eljuthattunk. Tovább nem tehetünk egy lépést sem, a nélkül, hogy el ne veszítsük lábunk alól a talajt. Ilyen lépés volna az, ha vizsgálni akarnánk az őanyagnak, legyen az egy vagy többféle, az eredetét. Ez nem volna más, mint a végső ok kérdésének a fölvetése. Mai ismereteink és a végső ok megismerése között olyan nagy űr van, melyet áthidalni nem tudunk sem most, sem a jövőben. Hogy létezik ez a végső ok, azt egvaránt érzi a természettudós és a természet egyszerű gyermeke; egvaránt érzik, hogy e végső okot fölismerni képtelenek. E mély titokkal szemben eltörpül a természettudós ismerete, a mely a titok megközelítésére nem vezet, de fokozottabb mértékben érezteti vele gyarlóságát, elméje korlalt működését.

Soha sem fog elérkezni az az idő, a mikor a tudomány fölöslegessé teszi a hitet; soha sem fog elérkezni az, hogy az emberiség mindent tudjon s így hinni valója ne maradjon. Mennél jobban haladnak a tudományok, annál inkább tágul az ismeretlenek országa, mert úgyszólván minden tudományos fölfedezés új meg új, addig nem sejtett szempontokra vezet; új meg új oldaláról mutatja be a természetet s föltár addig

nem ismert birodalmakat, melyekről csupán annyi tudható, hogy a természet kormányzása alatt állanak, de hogy vajon meddig terjed, vagy van-e általában határuk — azt meg nem tudhatjuk.

Minden fölfedezés tehát nem hogy szűkíteni, hanem inkább tágitja azt az áthidalhatlan űrt, a mely ismereteink és a végső ok között fekszik; azt az űrt, a melyen csak a hit szárnyain kísérthető meg az átkelés.

Elvezettem a tisztelt hallgatóságot — mint előadásom bevezetésében ígértem — a kémiai elemek titokzatos világába, s megkísérlettem e világ egy kis részében hallgatóimat kalauzolni. Nem tudom, vajon jól végeztem-e tisztemet; nem tudom, körútunkon megadtam-e a kellő fölvilágosításokat; de azt tudom, hogy ha tisztelnem megfeleltem úgy a mint óhajtottam, akkor tisztelt hallgatóim azzal a meggyőződéssel távoznak e teremből, a mely meggyőződés az enyém is: Igen sok az, a mit nem tudunk, kevés, a mit tudunk. Ez az ezredéves munka eredménye. Azért mi még sem csüggedünk el; a további kutatástól nem rettent vissza az, hogy mennél jobban gyarapodnak ismereteink, annál több kutatni valót fedezünk föl. És ha e szívós kitartás okát keressük, azt abban találjuk meg, hogy csak egy van, a minek a megismerése teljes megnyugvást ad, a mi örökkévaló: az igazság.

LÉNGYEL BÉLA.