

A KÉMIAI ELEM-FOGALOM FEJLŐDÉSE

A kémiai elem fogalmának mai tartalma hosszú fejlődés eredményeként alakult ki. Ez a fejlődés párhuzamos ugyan — természetszerűen — a természettudományok fejlődésével, sok esetben azonban a kémiai elemekről vallott felfogás megelőzte a kutatásokat, máskor viszont gátlója volt azoknak.

A kémia tudománytörténete általában hűen regisztrálja azt, hogy az egyes korszakokban, s ezeken belül az egyes kutatók műveiben mi volt az elemekről vallott uralkodó nézet, arról azonban, hogy ezek a nézetek milyen mértékben függenek össze, hogy fejlődik egyik felfogás a másikból, kevés kivétellel nem vizsgálják. Akik pedig foglalkoznak ezzel a kérdéssel, mint az újabbak közül *Bein* [51] és *Hooijkaas* [58] túlságosan nagy anyagot ölelnek fel, emiatt éppen a fogalom fejlődésének menete nem követhető kellően. Pedig a kérdésnek ilyen, dialektikus vizsgálata volna a helyes, csakis így nyerhetnének kulcsot egyes korszakok kémikusainak helyes értékelésére.

A következőkben megkísérlem az elem-fogalom fejlődésének lényeges vonásait vázlatosan összeállítani. A vázlatosságot megengedhetővé teszi az, hogy a bizonyító adatok többsége a kémia-történetekből általában ismert. Ahol mégis konkrét adatok felemlítése látszik szükségesnek, igyekezem a tudománytörténeti irodalomban ismeretlen, lehetőleg hazai vonatkozású művekre utalni, amelyek sokszor igen jellegzetesen tükrözik korunk gondolkodásmódját is.

Az elem fogalmának fejlődése Aristotelesig

I.

Az elem fogalma szinte egyidős az emberi kultúrával. Már a legrégebbi időben ösztönösen hitt az ember abban, hogy a világ anyagilag egységes, és ezt „a természet jelenségeinek végtelen változatossága ellenére — mint *Engels* mondja — magától értődőnek tartja” [62].

Már az i. e. XII. században keletkezett hindu vallásos himnuszok, a Védák is igyekeznek egységesen magyarázni a világ változatos tényeit, s bár a szöveg sokban nehezen értelmezhető, annyi félreérthetetlen, hogy utalnak az anyagi világ egy ősegységére [59]. Ezt az ősegységet, vagy őselemet akkor, a naiv materializmus korában az ember „konkrét módon meghatározott valamiben keresi, mint például *Thales*

a vízben” [62]. Azt a felfogást, hogy a víz az őselem, már az egyiptomi-aknál is meg lehet találni, de valószínűleg már a görögök között is voltak *Thales*nek elődjai. Talán már *Homeros* is így vélekedett, s *Hesiodos* ősködje is nedves ködöt, tehát végeredményben vizet jelentett *Probus* szerint [61].

Thales miletosi utóda, *Anaximenes* a levegőben, *Herakleitos* a tűzben, *Ferecides* a földben vélte az őselemet megtalálni. A miletosi *Anaximandros* azt állította, hogy az őselem „végtelen, de nem határozta meg pontosan, hogy ez a levegő, víz, vagy másvalami” (*Diogenes Laertios*) [61]. A felfogásbeli eltérések ellenére azonban „megegyeznek, mert . . . azt állítják, hogy . . . az őselem egyetlenegy” — mondja *Simplicius* [61]. A korai görög materialisták *Aristoteles* szerint „azt mondták, hogy a létezőknek az az eleme és a kezdete, amiből minden dolog van, és amiből eredetileg keletkezett, s amibe végül megromlásakor visszatér, miközben a szubsztancia megmarad, noha tulajdonságaiban változásokat mutat.” (Metafizika I. 3.)

Az elem fogalmára történt szóalkotás jellegzetesen mutatja, hogy mi volt a fogalomnak akkor a tartalma: az elem görög neve, „sztoicheion” egyben a betű jelentésével is bír, jelezve azt, hogy az elem mindennek a felépítője. A latinban valószínűleg az ABC közbülső betűiből, az LMN-ből képezték az elem fogalmának terminus technicusát.

II.

Már az óindiai Upanisádok szakítanak az egységes őselem felfogással, s a víz mellett a földet is elemnek tekintik, később pedig az elemek száma tovább bővül, végül már öt elemet különböztetnek meg (víz, tűz, föld, éter és szél). A kínaiak i. e. a X. században, egy okmány tanúsága szerint, ugyancsak öt elemet tanítottak: víz, tűz, fa, fém és föld [59]. A Babilonban kialakult felfogás, valószínűleg abból a hitből kiindulva, hogy a föld az ég tükörképe, a négy főbolygónak megfelelően négy elemet tanított [48].

Empedokles tehát, aki a görög természetfilozófusok közül elsőnek szakított az egyetlen őselem feltételezésével, nem töretlen útra lépett. Szerinte négy öröktől fogva meglévő, változatlan elem építi fel a világot: a tűz, a levegő, a víz és a föld. Ezeknek az elemeknek a különböző aránykeveredése hozza létre a testek tapasztalható anyagi különbözőségeit. A csoportosulást és a szétválást két alaperő, a szeretet és viszály, vagyis a vonzás és a taszítás irányítja.

Aristoteles, aki műveiben összegyűjtötte elődeinek tanításait, elfogadta *Empedokles* négy elemét, ugyanakkor viszont nem veti el teljesen a régebbi tanokat sem. Szerinte a világban minden egy egységes őselemből (proté hylé, röviden protylé-ből) származik; a világ felépítésében azonban az őselem által létrehozott négy *empedoklesi* elem szerepel.

Elődeink tanítását *Aristoteles* azzal egészítette ki, hogy a négy elem mellett négy elemi sajátságot is megkülönböztetett.

Két ellentétes sajátság-pár alkotja az alapsajátságokat: hideg-meleg és száraz-nedves. Ezek kombinációi eredményezik az elemeket. A levegő: meleg és nedves, a tűz: meleg és száraz, a föld: hideg és száraz, a víz pedig: hideg és nedves. Ismertek azok a grafikus összeállítások, amelyek ezeket az összefüggéseket szemléltetik.

Aristoteles különböző munkáiban nem egészen azonos felfogást mutatott az elemekről. Így a *Metafizikában* kételyét fejezi ki arra vonatkozóan, vajon a tűz elemnek tekinthető-e. Más művében egy ötödik elemről (ouisa = aither) is tesz említést, ami a későbbiekben, mint quinta essentia nyer gyakran említést. (Ennek a felfogásnak eredete is visszavezethető indiai, kínai, sőt görög tanokra is [56].

A fizikáról szóló aristotelei hat könyvben írottakat pedig úgy lehet értelmezni, hogy a testnek felépítésében az anyag és forma vesz részt, mint felépítő elem.

*

Az antik természetbölcselettel, s ezen belül különösen a görög filozófiával azért voltam kénytelen részletesebben foglalkozni, minthogy az azóta eltelt két és fél évezred tudományos gondolkodása az akkor már megvolt alapokra épült fel. *Aristoteles* tanításában összegyűjtötte lényegileg mindazt, amit őelőtte tanítottak, de az ő tanítására vezethető viszont vissza szinte kivétel nélkül mindaz, amit e kérdésről azóta tanítottak, gondoltak, írtak a természettudósok. Legtanulságosabbnak ezért azt tartom, ha a következőkben az antik természetfilozófia egyes tanításainak fejlődését külön-külön figyelemmel kísérjük.

Az elem fogalmának fejlődése *Aristotelestől* napjainkig

1. *Ősanyag — őselem*

„Az a felfogás, hogy az elemek egy *ősanyag* származékai, sohasem tűnt el a *chemikusok* gondolatköréből” — állapítja meg *Ilosvay Lajos* [57]. A középkorban, amikor több elemet tanítottak, általában nem tagadták azt, hogy azok az elemek eredetükre nézve, sőt végső felépítésüket tekintve is megtartják anyagi egységüket. A *Genezis* teremtéstörténete is hord magában ilyen jellegzetességeket. *Van Helmont*, a nagy hatású francia kémikus még 1670-ben is ezt mondja: „látható, hogy az összes testek... anyagilag egyszerű vízből vannak felépítve és vissza is lehet alakítani vízzé” [55].

Az *ősanyag*ról szóló tanítás alapján véve materialista felfogást tükröz, *Aristoteles* óriási tekintélye azonban ezt nem engedte észrevenni. Ezért írhatott ilyeneket a nagyszombati jezsuita egyetemen *Ruman Zsigmond* doktori tézisében: „Az *ősanyag* nem keletkezett és nem vész el.” (*Materia prima est ingenerabilis et incorruptibilis*) [13].

Az egyház csak azok ellen lépett fel, akik az anyag teremtettségét nyíltan támadták: „Az Anya-szent-egyház kárhozat alá vette a' Manikheus eretnekeknek azon tanításokat; hogy a' világ egy előtte való színetlen matériából teremtetett” — írja *Sartori Bernard* [24].

Lényegileg az egységes alapanyagot vallották azok is, akik *Arisztoteles* fizikáját tartották az igazság kútfejének. A magyarországi jezsuita iskolák XVIII. századelejei felfogását tükrözi jellegzetesen *Tauter János* egyik doktori tézise: „Nincsenek atomok, nincs a négy elem, sem azok közül egyik is, hanem igaziból kettő van: anyag és forma, vagy pedig a változást is figyelembe véve három van: anyag, forma és a formaváltozás.” (1713.)

A protestáns iskolák felfogását *Comenius*nál így látjuk összefoglalva: „Az elemek a világ egyazon anyagából vannak, sűrűségük és ritkaságuk különbözteti meg őket” [4].

*

Azon a felfogáson, hogy a világ anyagilag egységes, alapult az *atomelmélet* is. Eszerint az egész világot egymáshoz hasonló atomok építik fel, az egyes anyagok közötti különbség csak az atomok sűrűségében van.

Az atomtan, s ezzel kapcsolatban a világ anyagi egysége körül az idők folyamán igen sok vita volt természettudományi és hittudományi érvekkel egyaránt. Miután azonban *Gassendinek* sikerült az atomtant és az egyház tanításait összehangolnia, az atomelmélet „vala a' legközönségesebb vélekedés az Oskolákban a' XVI. században” (*Kováts Mihály* [38].)

Nem volt egységes felfogás arra vonatkozóan, hogy az atomok mind egyformák-e, vagy pedig különbözők. *Páriz Pápai* Heidelbergben azt tanulta, hogy „minden testben vannak gömbölyű, hosszúkás, hegyes, kockaalakú, hengeres, lapos stb. részecskék” [8]. *Sartori Bernard* viszont úgy vélekedik, hogy „a' víznek részetskéi mind egyenesek, az olajnak részetskéi ellenben ágosak. 's e' miatt erősebben ragadnak a testhez” [24]. *Addai László* szerint: „Az olaj az a test, amelynek részei ágatosak, hajlékonyok.” *Reviczky Antal* pedig ezt írja: „A víz valószínűleg hosszúkás, hengerded, tojásalakú, hajlékony, könnyű, gördülő, sűrűn elhelyezkedő, kevésbé összefonódó részecskék halmaza” [21].

Csak a XIX. század elején mondotta ki egészen határozottan *Dalton*, hogy többféle súlyú atom van, s ahány fajta súlyú atom létezik, annyi fajta elem is van, s azt, hogy az anyag összes atomjainak azonosoknak kell lenniök [54].

A daltoni atomelmélet elterjedése egy időre visszaszorította a világ anyagi egységéről, az őselemről szóló elméletet. Pár évre rá azonban az atomsúlyok vizsgálata ismét lehetővé tette annak felújulását. Abból kiindulva, hogy a kezdeti vizsgálatokon az atomsúlyok a hidrogén egészszámú többszörösnek mutatkoztak, *Prout* angol orvos arra a következtetésre jutott, hogy az elemeknek egységes felépítője, őseleme a hidrogén.

Berzelius és mások bebizonyították, hogy a Prout által felhasznált mérési adatok pontatlanok voltak, ezért Prout elméletét el kellett ejteni. W. Crooks állott elő nemsokára egy olyan elmélettel, amely szerint az egyes elemek „legvalószínűbben valamely lehülési folyamat alatt végbemenő fokozatos sűrűsödés eredményeként jöttek létre, s a lehülés szabálytalanságai adják az atomsúlyok közti szabálytalanságokat” [45].

A XX. század elején, amikor Aston és más kutatók bebizonyították, hogy a természetes elemek több izotóp keverékei és hogy az izotópok atomsúlya közelítőleg a hidrogén egészszámú többszörösének felel meg, ismét felújult Prout elmélete, ismét a hidrogént képzelték minden anyag felépítőjének.

E vizsgálatokkal egyidőben kiderült, hogy a hidrogén, s a többi atom sem egységes, hanem többféle részecskéből épül fel. Megállapították, hogy az anyagot elektronok és protonok építik fel, majd később kiderült, hogy az anyag építőkövei közé tartozik a neutron is. Az újabb vizsgálatok pedig egész sorát fedezték fel a különböző, általában rövid élettartamú részecskének.

A XX. század közepének egyik legérdekesebb problémája éppen az, milyen összefüggés van ezek között, nincs-e olyan valami, ami közös felépítője volna valamennyinek.

Heisenbergnek a legutóbbi időkben megjelent művei megfelelő matematikai apparátus felhasználásával éppen azt kívánják bizonyítani, hogy „minden elemi részecske alapjában véve egy s ugyanazon anyagból áll, s ugyanazon anyagnak (alapkvantumnak) különféle stationárius állapota” [66].

Hosszú a fejlődés, míg az egyiptomiak ősvizétől eljutottunk Heisenberg alapkvantumjához. Mint láttuk, gyakran előzte meg az elmélet annak kísérleti bizonyítékait, sokszor adott ösztönzést a kutatásra az elmélet, hogy bizonyítékokat szerezzenek az elgondolásokhoz.

2. Alapelemek és alapsajátságok

A világot felépítő négy empedoklesi elemről szóló aristotelesi tanítás igen hosszú ideig változatlanul is fennmaradt. Szent-Ivány Márton még 1689-ben is hosszasan bizonyítja, hogy csakis négy elem lehet, mivel „annyi elem van, ahány lehetséges kombinációja van az alapsajátságoknak”. Áthúzódik azonban ez az elmélet a XVIII. század második felére is. Kováts István például, aki 1774-ben (Krüger nyomán) latinnyelvű fizika-könyvet írt, azt mondja, hogy „már a legrégebb idők óta kezdve azt tartották, hogy a tűznek, levegőnek, víznek és földnek kell adni ezt a nevet — tí. az elem nevet — és nem helytelenül” [25].

Ugyanabban az évben Szőnyi Benjámint tankölteményt írt a négy elemről, vagy ahogyan ő nevezte, a „négy éltető állatról” [26].

A fizikai tankönyvirók, mint Horváth János [28], Molnár János [29] ugyancsak a négy elemnek megfelelően tagolják könyvüket. Így folyik akkor a fizikatanítás az erdélyi unitárius gimnáziumokban is [22].

*

Az alapelemekről szóló tanítás többé-kevésbé módosított formáival is kísérleteztek a középkorban és az újkor elején. Comenius szerint például csak három elem van, minthogy a tűz nem tekinthető elemnek. [4].

Különösen sok változáson ment át az idők folyamán *Aristoteles* igen sokat vitatott ötödik eleme, a *kvinta esszencia*. Ez volt a legkevésbé konkrétan definiált Aristoteles műveiben is, ezzel kapcsolatban került a kémiával kapcsolatba a legtöbb határozatlanság, a legtöbb misztikum. Az alkémisták hite az egyetemes csodaszerben, a bölcsek kövében stb. az ötödik alapelem tanításából fejlődött ki, jellegzetes példáját mutatva annak, hogyan terelheti tévútra a kutatást egy helytelen elmélet.

Voltak természetesen józanabbul gondolkozók is, s az ötödik elemet a világuirt kitöltő feltételezett anyagban, a világegyetemben látták. A vita erről még ma sem egészen befejezett. Nemcsak magyar vonatkozása miatt érdemes megemlíteni, hogy 1847-ben az éternek a Lavoisier-féle elemek között is helyet biztosított tankönyvében *Irinyi János* [40].

Az aristotelesi tanításban is szoros kapcsolatban volt a négy elem a négy alapsajátság tanításával. A középkori kémia gyakran hajlott arra, hogy az anyag sajátságainak döntő jelentőséget tulajdonítson. Egy, a középkorban használt könyv, amelynek szerzőjéül *Crates* szerepel, azt írja: „Az edényben összekevert anyagot ezüstnek nevezük, ha fehér, s aranynak, ha sárga” [47]. Még 1753-ban is Hont megye főorvosa, *Wolta Antal* művéből az derül ki, hogy szerinte a sajátságok és az anyagok közel egyértelműek [19].

Az aristotelesi elemi sajátság tanát a középkor folyamán nagyrészt kiszorította ennek a felfogásnak az arabok által kidolgozott formája, a *principiumok tana*. Állítólag azért volt szükség ennek az új tanak a bevezetésére, minthogy az addig használt sajátságok alkalmatlannak voltak a középkorban legtöbbet vizsgált anyagok, a fémek sajátságait nem fejezték ki.

A legelőször említett principiumok a sulphur (kén) és a mercurius (higany) voltak. *Albertus Magnus* szerint „minden fém elemi anyaga ... száraz víz, amit élő víznek, vagy élő ezüstnek nevezünk és bűdös spiritus, amelyet másként kénnek nevezünk” [1]. Ez alatt azonban nem azt értették, hogy a fémek a közönséges higanyból és kénből lennének felépítve, csak azok lényeges sajátságait, „spiritus”-át vélték bennük fellelni. A régi írások is gyakran figyelmeztetnek erre, de még 1777-ben is szükségesnek látta *Hatvani István* debreceni professzor, hogy ezeket írja könyvében: „Óvakodj attól, hogy a kén neve alatt bármilyen közönséges kénes tömeget értsél. Valójában, amikor kén mondok, ez alatt a gyúlékony, finom, zsíros, olajos principiumot értem, azt, amelyik minden testben okozza a szagot” [30].

A kén tehát a szagosság, éghetőség, más szerzőknél egyben a melegség, az aktivitás principiuma. Ha az említett sajátságok közül vala-

melyiket megtalálták egy testben, rámondották, hogy ként tartalmaz, még hozzá minden figyelmeztetés ellenére gyakran a közönséges kénkövet igyekeztek ezekben a testekben feltalálni. Ennek az elméletnek ilyen vulgarizálására a hazai irodalomban gyakran találunk példát. mint azt egy előző dolgozatomban részletesebben ismertettem [64].

A kén-principium elnevezése az idők folyamán többször változott, sokszor olaj, majd Becher nyomán zsíros föld elnevezést is használták. Nem is az elnevezés volt a fontos, hanem az a sajátság, amelynek hordozóiként, jelképként felhasználták azokat.

Az éghetőség principiuma változott át *Stahl* flogiszttonává. Ezért írt *Horváth Ker. János* nagyszombati professzor így: „A kén principium, amit másként flogiszttonnak nevezünk, az a valami, aminek olyan sajátsága van, hogy meggyulladni, égni tud, és ami a testeknek égési képességet ad” [28]. (Ebben *Horváth Vogel* követője [27].)

A hidrogén felfedezése után egy ideig a hidrogént tartották a látható flogiszttonnak. *Kirwan* szerint az éghető levegőnek (a hidrogénnek) a flogisztton az alapja. (*Jaquin* [33].)

A többi principiumról szóló tanítások rövidebb életűeknek bizonyultak, s idők folyamán erősebb változásoknak is voltak alávetve, minthogy kevésbé volt konkrét az a sajátság, amit képviseltek. A hidegséget, passzivitást, folyósságot jelképező higanynak, mint principiumnak, a „spiritus Mercuri”-nek *Basilius Valentinus* szerint lényegében lelke van, anyaga szellemi, alakja földi. Sok más hasonlóan misztikus meghatározással találkozunk a különböző szerzőknél. *Béguin* szerint „a higany az a savanyú, állékony, átható éterikus és nagyon tiszta folyadék, amelyből ered a test tápláléka, az érzelem, a mozgás, az erő, a színek és az öregedéstől való megőrzés”.

Az elmondottak is bizonyítják, hogy a principiumok közül ez mutatja a legjobban, hogyan vált az alkémistáknál az elem fogalma teljesen metafizikus jellegűvé. „Az elem szó elveszti anyagi jelentését — mondja helyesen *Petrescu* , a jellel válik egyértelművé, az anyag... nem más, mint isteni, vagy ellenkezőleg ördögi szellemek okkult erőinek megjelenése” [56].

A kén és a higany mellett egy ideig szerepelt az arzén is, *Paracelsus* pedig a kén és a higany mellé harmadiknak a sót (sal) sorolta, mint az éghetetlenség principiumát.

Comenius fizikájában a három principium jellegzetességeit így foglalja össze [4]:

folyósság		amit a		mercuriusnak	} neveznek
olajosság		kémikusok		sulphurnak	
szilárdság				salnak	

A négy elem és a három principium tana gyakran jelenik meg együtt, mások szembeállítják ezeket a tanokat, noha lényegüket tekintve mindkét elmélet teljesen megegyezik egymással. Mindegyik azt mondja, hogy minden principium, illetve minden elem mindenféle, vagy legalábbis a legtöbb anyagban előfordul, csak az arányuk különböző.

A két rokon jellegű tan a XVI. századtól kezdve egyre inkább öszszefonódott. Egyrészt az empedokleszi elemeket egyre inkább elvont fogalmakként kezelték, másrészt a principiumok értelmezésében az elvonttól a kézzel fogható felé tolódtak el. Ez időtől kezdve a levegőt gyakran illetik a principium activum, a földet principium passivum megnevezéssel, a víz pedig a nedvesség principiumává vált, ahogy *Fabrinál* olvassuk: „A kémikusok vize nem az a folyékony, vizes víz, ami gyenge tűzzel átdestillálható... s ami semmi más, mint a kémikusok vizének váladéka, hanem az, amit sok helyen spiritusnak nevezünk, minden dolognak nedves gyökere, a nedves őselem” [3].

Az alkémisták is ettől az időtől kezdve kezdik figyelembe venni azokat az anyagokat is, amelyek „nem kölcsönöznek semmilyen aktív sajátságot” (*Béguin* [5].) *Köleséri Sámuel* még azt mondja: „A testek lelke a spiritus, só és olaj, a többi a „caput mortuum” [14], de már kortársai közül a legtöbben a „caput mortuum”-ot a földdel azonosítják, s az elemek közé sorolják, a vízzel egyenlőnek tekintett „phlegma”-val, nedvességgel együtt.

Így a három aktív principiumból, és ebből a két passzív principiumból alakult ki az öt elem tana. Nagyon kevésbé lényeges az, hogy milyen elnevezést használnak. *Andrási, Lányi, Ötvös* és *Majer* közös disszertációjában mercurius, sal, sulphur, phlegma és caput mortuum szerepelnek [31]. *Ádány* Andrásnál: „1. Spiritus aliter mercurius, 2. Sulphur seu oleum, 3. Sal, 4. Aqua, 5. Terra” az elemek elnevezése [20]. *K. Mátyus* Istvánnál ezt olvassuk: „A világon minden testek öt-féle materiából készültek: ú. m. 1. Tiszta földből... 2. Vízből... 3. Sóból... 4. Phlogistonból vagy lángba menő olajból... 5. Mercurialis Spiritusból.” [32].

Önálló úton indult el, újfajta elemek feltételezésével *Descartes* és *Becher*. Előbbit követik *Pósa*házi János és *Szathmári* Mihály, amikor három elemet különböztetnek meg: fény (vagy tűz), ég (aether) és föld (tellus). Ez utóbbinak megjelenési formái a levegő, víz és a föld (terra).

Becher elemei az üveges, gyúlékony és a higanyos föld nem váltak közhasználatúvá, jelentőségük abban van, hogy ezekből fejlesztette *Stahl* ki a maga elemeit: 1. Gyúlékony anyag vagy flogiszton, 2. Színező anyag, 3. Nyers anyag [52], amelyek közül a flogiszton a kémia történetében jelentős szerepet játszott.

*

Lavoisier fellépte után a négy elem tana és az ebből kisarjadt, hozzá hasonló tanok igen gyorsan háttérbe szorultak, s ha ma *elemi csapások*ról beszélünk, amikor tűz, víz, földrengés, szélvihar dönti össze házunkat, már nem gondolunk a kifejezés eredeti értelmére.

Változott formában azonban gyakran felmerült azóta is az alap-elemek tana. *Winterl* Jakab a XIX. század első éveiben megjelent műveiben még négy alappincipiummal dolgozik: savasság, lúgosság, éghe-tőség és mozgás principiummal [34, 35].

A debreceni kollégium első kémia-professzora, *Kerekes* Ferenc 1819-ben is tagadja, hogy annyi elem lenne, ahányat *Lavoisier* és a szá-

zadforduló körül élt különböző kutatók állítottak, hanem szerinte csak is kevés számú elem létezik. Ezeket azonban — mondja — „nem ismerjük, igen, nem is fogjuk ismerni, mert azok önállóan sohasem jelennek meg, csakis vegyületeikben. Ezek az elemek minden testben ugyanazok, csak arányuk különböző. Amikor több test egymással vegyülni látszik, a vegyülés sohasem a testek, mint ilyenek között, hanem a közös, általunk ismeretlen elemek között történik meg” [39].

*

Az elemek ilyen értelmi felfogása (amely tehát az ókortól a XIX. század elejéig követhető), a kémia két jellemző irányzatát eredményezte: az *alkémiát* és a *iatrokémiát*.

Az alkémia elő akarta állítani a bölcsek kövét, amelynek segítségével aranyat készíthetnek. „Az a hit, hogy a bölcsek köve előállítható... Aristoteles tanításával állott okszerű összefüggésben” — mondja *Fabinyi Rudolf* [46]. Úgy tudták ugyanis az alkémisták, „hogymindenik métallumnak ugyan azon alkotó részei vagynak” (Báróczi [37], eszerint tehát a felépítő elemek arányának megváltoztatásával bármilyen anyagot elő lehet állítani. Ezért hitték az arany előállíthatóságát évszázadokon keresztül, ezért volt kénytelen, elméletének megfelelően *Kerekes Ferenc* is megállapítani, hogy „az arany előállításának művészete nem lehetetlenség”, noha ő maga hiábavalónak tartotta aranycsinálásra munkát fecsérelni.

Az orvosi kémiát, a iatrokémiát is az elemek ilyen értelmezése hozta létre. *Paracelsus* szerint az ember kémiai vegyület, a betegségek oka ennek a vegyületnek valamilyen megváltozása [42]. A iatrokémia évszázadokon keresztül azért állított elő vegyszereket, hogy azokkal az emberben az elemek helyes arányát kémiai úton visszaállítsa, s kidolgozta közben a ma is használatos gyógyszerek egész sorát.

Paracelsust igazolja napjainkban *Pauling Nobel-díjas* amerikai kutató, amikor megállapítja, hogy egyes betegségeket rendellenes hemoglobin-molekulák okoznak [67].

A XX. század felfedezései kiderítették, hogy alapjában véve igazuk volt *Empedokles*eknek, *Kerekes Ferenc*eknek, amikor azt tanították, hogy az anyagokat kevésszámú, minden anyagban jelenlévő egyszerű alapanyagok építik fel, s csak azok aránya különböző a különböző anyagokban. *Szőnyi Sámuel* sem tévedett 220 évvel ezelőtt, amikor azt mondta: „Minden atom osztható, ha másképpen nem, isteni erővel” [16]. Mesteri előrelátásnak is tekinthetjük *Kerekes* szavait: „Remélhető, hogy a kísérletek kétségtelenné fogják tenni, hogy a mi kémiai elemünket a szó ma használatos értelmében is szét lehet bontani, s egymássá át lehet alakítani, mert ha ez eddig nem történt meg, ezért kizárólag a mi bontási eljárásaink a hibásak.”

Nyilvánvaló, hogy *Aristoteles* elemeit ma az atomfizika által megismert *elemi részecskék* volnának hivatva helyettesíteni. Ezeket kellene tehát ma elemeknek neveznünk. A kémiában azonban eközben kialakult a *kémiai elem* fogalma, amely más úton fejlődött ki az aristotelei elemfogalomból.

3. A kémiai elemek mai fogalmának kialakulása

A kémiai elem mai fogalmának jellemző vonásai: kémiai úton más tulajdonságú anyagokra nem bonthatók, ugyanakkor viszont kémiailag különböznek minden más elemtől.

E meghatározásnak eredete a XVII. századba nyúlik vissza, amikor a német *Jungius*, majd maradandóbb sikerrel az angol *Boyle* [11] szembeszálltak az elemek „szpiritualizálásával”, s az elemeket nem elvont értelmű principiumokként magyarázták, hanem annak szükségességét hangoztatták, hogy konkrétan meg kell vizsgálni, vajon az elemeknek tartott anyagok egységesek-e, megtalálhatók-e más anyagokban is, mint azok felépítői. Kimondották, hogy elemi testnek csak azt szabad mondani, ami egységes, tovább, más sajátosságú anyagra nem bontható.

Boyle nyomán egyre többen kísérleteztek az egyes anyagok bontásával, ebben az időben vált a kémia bontóművészetté (*Scheidekunstler*ei). Az új elmélet a kémiában is új fejezetet nyitott, ekkor alakult ki a *kémiai analitika*; magát az analízis szót is a kémiában *Boyle* használta először 1661-ben a *Chymista sceptitus* első kiadásában [65]. Ezóta beszélnek a föld helyett föld-félékről, megállapítva, hogy többféle, egymásba át nem alakítható fajták különböztethetők meg.

A kémiai analízis a XVIII. század végén az elemek egész sorát fedezte fel. *Kerekes Ferenc* éppen a felfedezések nagy számától megrettenve tért vissza régebbi stílusú elméletéhez, azt hitte, hogy különben végül annyiféle elemet fognak megkülönböztetni, ahány anyag van. Az analitikusok által kimutatott elemek nem is bizonyultak mind helyeseknek. A *Winterl* által felfedezni vélt új elem, az andronia a francia akadémia vizsgálata szerint összetett anyagnak bizonyult. Nem bizonyult elemnek az ausztrálföld sem, amit *Kováts Mihály* is említ a „Magyar Chémiában”. Később pedig az összes „föld”-féléről kiderült, hogy azok a földfémek vegyületei.

Hosszú ideig nem volt tehát biztos alap arra vonatkozóan, mi tekinthető igazán elemnek, vagyis mi az, ami szétbonthatatlan. A kémiai elemek akkori definiálása is tükrözte ezt a bizonytalanságot *Lavoisier* szerint: „Elemek a mi számunkra mindazok az anyagok, amelyeket még semmilyen úton nem tudunk szétbontani.” *Winterl* meghatározása még konkrétan tükrözi ezt a bizonytalankodást: „Egyszerű testeknek nevezzük azokat, amelyeknek kémiai szétbontása nem sikerült. Szóval nem a tárgy természetéből, hanem a mi tudásunk tökéletlenségéből...” származik a kémiai elem fogalma.

A román természettudományos ismeretterjesztés egyik úttörője, *Baras* még 1852-ben is kora felfogását tükrözve írhatja ezt: „A kémia ismer 55 elemet, de nem tudjuk meghatározni, hogy az elemeknek mindig ez a száma fog-e szerepelni, mert lehet, hogy a kémia fejlődésével a jövőben lesznek olyan eszközök, amelyekkel felbonthatók azok az anyagok, amelyeket ma elemeknek tartunk” [41].

A kémiai elemek reális valóságát, s azoknak véges voltát csak

a XIX. század közepén sikerült bebizonyítani *Mendelejev*nek, amikor a kémiai elemek között meglévő periódusos törvényszerűséget felfedezte. Ő is megtartotta azonban *Dalton* elemfogalmát, szerinte is annyi elem van, ahányféle súlyú atom van, az atomok, s ezzel együtt az elemek legjellegzetesebb sajátságának az atomsúlyt tekintette.

A rádióaktív kutatások megingatták a múlt században kialakult és véglegesnek gondolt elem-fogalmat. *Ilosvay* joggal írta ekkor: „Vajon nem leszünk-e kénytelenek az elemi testekről kialakult nézetünket feladni, vagy gyökeresen megváltoztatni?” [53]. Elsősorban az izotópok felfedezése állította nehéz kérdés elé a kémikusokat. „Az atomsúlyt tehát a legújabb kutatások alapján nem tarthatjuk többé valami természeti állandónak” — állapítja meg ebben az időben *Soddy* [50].

Moseley és *Rutherford* úttörő vizsgálatai bizonyították be, hogy a kémiai elemekre nem az atomok súlya, hanem az atommag töltésszáma, másként az atom rendszáma a jellemző. Azóta a kémiai elemek definíciójaként olyan fogalmazással is találkozunk, hogy kémiai elemnek nevezzük azoknak az atomoknak az összességét, amelyek azonos rendszámmal rendelkeznek.

A kémiai elemek ilyen, atomszerkezeti alapon történő definiálása bizonyos mértékben ellentétben van azzal, hogy az elemek különböző sajátságú anyagokra nem bonthatók, márpedig ha egy természetes elemet izotópjaira szétválasztunk, olyan anyaghoz jutunk, amelyek — ha lényegileg meg is egyeznek egymással kémiai sajátságaikban — tagadhatatlanul nem tökéletes a megegyezés közöttük, van bizonyos fokú eltérés sajátságaikban.

Különösen nehéz a kérdést eldönteni, indokolt-e, jogos-e a hidrogén nehéz izotópjait a könnyű hidrogénnel együtt azonos elemnek tartani. A már is használt önálló név (deutérium, trícium), sőt önálló vegyjel arra mutat, hogy a vegyészek hajlanak arra, hogy ezeket önálló elemeknek tekintsék.

Ez a kérdés nyitott, jellemzően mutatva, hogy az elemek fogalma körül folyt több évezredes vita ma sem tekinthető egészen lezártnak. Nem találunk az elem fogalmára olyan meghatározást, amely a tudomány mai eredményeivel mindenben megegyezne. Ma is változik, fejlődik az elemekről vallott tudományos felfogás, utat keresve a jövő kutatásai számára, rögzítve mindig az új eredményeket. „A ma nem más, mint egy pont a fejlődés görbéjén, nem egy maradandó állapot, nem is egy különleges fontossággal rendelkező pont, hanem csak összekötő a tegnap és a holnap között.” — mondja tudománytörténetében *Herz* [49], s valóban igaza is van.

Ismerve a kémia és a fizika fejlődésének mai, egyre fokozódó ütemét, számíthatunk arra, hogy az elkövetkezendő évtizedek és évszázadok a kémiai elemek fogalmának újabb, jelentős mértékű fejlődését is magukkal fogják hozni.

I R O D A L O M

- [1] *Theatrum chemicum*. Argentorati, 1613.
 [2] *Tani, Michael: Conclusiones Physicae*. Romae, 1632.
 [3] *Faber, Petrus Joannes: Pharmacopaea Chymica*. Argentorati, 1632.
 [4] *Comenius, J. A.: Physicae*. Lipsiae, 1633. V. S.
 [5] *Beguïn, Johannes: Tyrocinium Chymicum*. Wittenbergae, 1656.
 [6] *Friesz, Fridericus: Disputatio Physica de principiis chymicis*. Wittenbergae, 1660.
 [7] *Pósa-házi, Joh.: Philosophia naturalis*. Patakini, 1667.
 [8] *Páriz Pápai Ferenc heidelbergi fizika-jegyzete*, 1673. (Kézirat a kolozsvári volt ref. kollégium könyvtárában.)
 [9] *Kunkel, Johannes: Observationes Chymicae*. London et Rotterdam, 1678.
 [10] *Collectanea Chymica Leidensia*. 1696.
 [11] *Boyle, Robert: Chymista scepticus, vel dubia et paradoxa chymico-physica circa spagiricorum principia*. Genevae, 1680.
 [12] *Szent-Ivány, Martinus: Curisiora et selectiora variarum scientiarum miscellaneae*. Tyrnaviae, 1689.
 [13] *Ruman, Sigismund: Theses ex universa philosophia*. Tyrnaviae, 1708.
 [14] *Köleséri de Keres-Eer, Samuel: Auraria romano-dacica*. Cibinii, 1717.
 [15] *Szathmári, Michael: Physica contracta*. Claudiopoli, 1719.
 [16] *Szönyi Sámuel: Physica*. Claudiopoli, 1783. (Kézirat a kolozsvári volt ref. koll. könyvtárában.)
 [17] *Töke, Stephanus: Institutiones philosophiae naturalis*. Cibinii, 1736.
 [18] *Fürst, Michael: Compendium chimico-medicum*. Viennae, 1752.
 [19] *Wolta, Anton Carolus: Examen physico-medicum thermarum Sclenensium*. Viennae, 1753.
 [20] *Ádány, Andreas: Philosophia naturalis*. Tyrnaviae, 1755.
 [21] *Reviczky, Antonius: Elementa philosophiae naturalis*. Tyrnaviae, 1758.
 [22] *Ágoston, Samuel: Physica prolegomena*, 1760. (Kézirat a kolozsvári volt unitárius koll. könyvtárában.)
 [23] *Wipacher, David: De thermis Ribariensibus in Hungaria*. Lipsiae, 1760.
 [24] *Sartori, Bernard: Magyar nyelven filozófia*. Eger, 1772.
 [25] *Kováts, Stephanus (Krüger Gottlob): Elementa philosophiae naturalis*. Claudiopoli, 1774.
 [26] *Szönyi Benjamin* (—Rollin Károly): *Gyermekek' fizikája*. Posony, 1774.
 [27] *Vogel, Augustus: Institutiones chemiae*. Francofurti, 1774.
 [28] *Horváth, Joh. Bapt.: Physica generalis*. Tyrnaviae, 1776.
 [29] *Molnár János: A' természetiekről*. Posony és Kassa, 1777.
 [30] *Hathvani, Stephanus: Thermae Varadienses*. Viennae, 1777.
 [31] *Andrási—Lányi—Ötvös—Majer: Positiones ex physica generalis*. Claudiopoli, 1783.
 [32] *K. Mátyus István: Ó és új diaetika*. Posony, 1783.
 [33] *Jaquin, Joseph Franz: Lehrbuch der allgemeinen und medizinischen Chymie*. Wien, 1798.
 [34] *Winterl, Jacobus Josephus: Prolusiones ad chemiam saeculi decimí noni*. Budaë, 1800.
 [35] *Winterl, Jakob Joseph: Darstellung der vier Bestandtheilen der anorganischen Natur*. Jena, 1804.
 [36] *Kováts Mihály: Chémia vagy természetitka*. Buda, 1807.
 [37] *Báróczi Sándor: A' mostani adeptus*. Béts, 1810.
 [38] *Kováts Mihály: Állati mágnesség mérőserpenyüje*. Pest, 1818.
 [39] *Kerekes, Franz: Betrachtung über die chemischen Elemente*. Pest, 1819.
 [40] *Irinyi János: A vegytan elemei*. Nagyvárad, é. n. (1847 ?).
 [41] *Baraschu, Julius: Minunele naturei*. Bucuresti, 1852.
 [42] *Hofer, Ferdinand: Histoire de la chimie*. Paris, 1866.
 [43] *Kopp, Hermann: Die Entwicklung der Chemie in der neueren Zeit*. München, 1873.

- [44] *Ladenburg*, Vorträge über die Entwicklungsgeschichte der Chemie in den letzten hundert Jahren. II. Aufl. Braunschweig, 1887.
- [45] *Crooks*, William nyomán *Krécsey Béla*: A kémiai elemek eredetéről. Term. tud. Közl. 1891. Pótf. 65.
- [46] *Fabinyi* Rudolf: Múlt és jelen a kémiában. Orvos-Term. tud. Ért. 1892.
- [47] *Berthelot*, M.: La chimie de moyen âge. Paris, 1893.
- [48] *Thorpe*, Eduardo: Storia della chimica. Torino, 1911.
- [49] *Herz*, W.: Grundzüge der Geschichte der Chemie. Stuttgart, 1916.
- [50] *Soddy*, Frederick: A kémiai elemek összetett voltáról. Term. tud. Közl. 1919. 267.
- [51] *Bein*, Willy: Das chemische Element, seine Wandlung und sein Bau. Berlin u. Leipzig, 1920.
- [52] *Delacre*, Maurice: Histoire de la chimie. Paris, 1920.
- [53] *Ilosvay* Lajos: Radioaktív kutatások eredményei megingatták-e az elemekről kialakult nézeteinket? Term. tud. Közl. 1920. 129.
- [54] *Ostwald*, W.: L' évolution d'une science. Paris, 1921.
- [55] *Metzger*, Hélène: Les doctrines chimiques en France du début du XVII^e à la fin du XVIII^e siècle. Paris, 1923.
- [56] *Petrescu*, G. Z.: Zorile chimiei și alchimia. Bucuresti, 1925.
- [57] *Ilosvay* Lajos: Az anyag egysége és az elemek átváltoztatására irányuló kísérletek. Term. tud. Közl. 1927. 361.
- [58] *Hooijkaas*, Reijer: Het begrip element in zijn historisch-wijgerige ontwikkeling. Utrecht, 1933.
- [59] *Csűrös—Plank*: Az elemek felfedezése. Budapest, 1941.
- [60] *Lockemann*, Georg: Geschichte der Chemie. Berlin, 1950—1955.
- [61] *Banu*, Ion: Korai görög materialisták. Budapest, 1952.
- [62] *Engels* Frigyes: A természet dialektikája. Budapest, 1952.
- [63] *Náray-Szabó* István: Szervetlen kémia I. kötet. Budapest, 1956.
- [64] *Szökefalvi-Nagy* Zoltán: A kémiai ismeretek terjesztése hazánkban 1770—1850. Eger, 1958.
- [65] *Szabadváry*, F.: Kurze Geschichte der analytischen Chemie. Per. Polytechn. Chem. 1958. 49.
- [66] *Heisenberg*, Werner: A mai fizika világképe. Budapest, 1958.
- [67] *Pauling*, L.: Molekuláris megbetegedések és a radioaktív sugárzások. Term. tud. Közl. 1958. 198.

Dr. SZÖKEFALVI-NAGY ZOLTÁN:

Le développement de la notion de l'élément chimique

Les composants de la notion de l'élément chimique sont le résultat d'un long développement. La notion de l'élément est aussi ancienne que la culture humaine. L'homme a toujours cru — d'une croyance toute instinctive — à l'entité matérielle du monde, malgré la diversité des phénomènes de la nature. Les théories les plus anciennes furent recueillies par Aristote, toute théorie postérieure y prend son origine.

A chaque âge persiste l'idée de la matière primordiale (de l'élément primitif). Cette idée peut être aisément suivie dès l'élément primitif de Thalès jusqu'à la quantité de fond de Heisenberg.

Aux quelques éléments d'Empédocle correspondent à nos jours les parties élémentaires de l'atome. La notion des éléments chimiques s'est développée après les recherches de Boyle, mais elle subit continuellement le changement et l'évolution.