

AZ ANORGANIKUS KÉMIA MAI ÁLLÁSA

ÍRTA
GRÓH GYULA

TAGADHATATLAN, hogy a magát és fajtáját fenntartani igyekvő embert legelső helyen azok az anyagok érdeklik, melyekből ennek teste és tápláléka áll, vagyis azok az anyagok, melyeket organikus, szerves anyagoknak nevezünk. A *homo sapiens* azonban már nyilván a történelem előtti időben rájött arra, hogy nemcsak közvetlenül, hanem közvetve is meg lehet szerezni a mindennapi betevő falatot és hogy ennek megszerzésében az élettelen, szervetlen anyagok is kitűnő szolgálatot tehetnek annak, ki találékony és élelmes. — Élelmes embertársainkat ma is úgy jellemezzük, hogy a „jég hátán“ is megélnek. Bizonyára nem szenvedett ínséget az az őseMBER, ki ügyes volt a fegyverül használt kövek csiszolásában, a „lakás“ megépítésében, még akkor sem, ha minden idejét elfoglalták ezek a mesterségek. A tűzcsinálás szükségképen rá kellett hogy vezesse az embert a téglá, cserép, edényzet, sőt az üveg készítésére (a tűzhely „földje“ megkeményedett, ellen álló lett, netán salakszerű üveggé olvadt), a fémek kohászatára (a véletlenül tűzbe került ércből fém olvadt ki), evvel kapcsolatosan a bányászatra, az aranyra-ezüstre. Az aranycsinálás gondolata évszázadokon át nem haszon nélkül serkentette az alkémistákat, az anorganikus világ ilyen úton történő megismerése összevéve haladását jelentette az emberi kultúrának. (Ebben az esetben nem a cél szentesítette az eszközöket, hanem fordítva.)

A francia forradalom áldozatául esett *Lavoisier* merőben új utat nyitott a kémiai kutatásnak avval, hogy a mérleget ennek szolgálatába állította. A múlt század elején így alakul ki az *állandó és sokszoros súlyviszonyok törvénye* (*Proust*, illetőleg *Dalton*), ami az atomisztika mai alakjához vezetett (*Dalton*), vagyis mostani kémiai tudásunk egyik legfontosabb pillérének megépítéséhez.

A második főpillér *Avogadro-tól* származik, kinek tétele egyszerűen úgy szól, hogy az *egyenlő hőmérsékletű és nyomású gázok egyenlő térfogataiban egyenlő a molekulák száma*. Az egyforma állapotú gázok egyenlő térfogatainak súlya, e tételből önként folyóan, az illető gázok molekuláinak súlyával arányos. Így *Avogadro* tétele lehetővé tette a molekulásúly és vele együtt az atomsúly fogalmának bevezetését, ami hatalmas léptekkel vitte előre az anyagok szerkezetére vonatkozó ismereteinket.

Dalion és *Avogadro* pillérei nemcsak hogy nem inogtak meg az alatt a roppant teher alatt, mit a múlt évszázad kutatásai rájuk építettek, hanem ellenkezőleg, mind szilárdabbá váltak. Csak a század legvégén mutatkozott szüksége annak, hogy *Dalion* pillérét bizonyos mértékig másmilyennek lássuk, mint korábban, azonban ez a szilárdsági viszonyokon — mint látni fogjuk — mit sem változtatott. Hogy a mai helyzetet jól megértsük, előbb a múlt század legvégéről származó helyzetkép legfontosabb részleteit ismertetjük néhány pontba összefoglalva:

1. Az elemi testek legkisebb, oszthatatlan részecskékből, atomokból állanak. Egyugyanannak az elemnek az atomjai egymás közt mindenben (súly, nagyság, stb.) megegyezők. Viszonylagos és abszolút súlyukat kielégítő pontossággal ismerjük. A viszonylagos súly kifejezésére az *atomsúly* szolgál, melynek egysége az *oxigénatom súlyának $\frac{1}{16}$ -od része*. (Ez igen csekély eltéréssel egyezik a hidrogénatom súlyával.) A különböző elemek atomsúlya az alább közölt periódusos rendszerben fel van tüntetve.

2. Az elemek gramm-atomsúlynyi mennyisége (pl. 16 gramm oxigén, 1 gramm hidrogén, stb.) $6 \cdot 03 \cdot 10^{23}$ darab atomból áll. Ezt a szörnyű nagy számot *Avogadro-fele* számnak nevezzük. Nagyságáról tájékoztasson a következő megfontolás: Képzeljük, hogy ez a sok atom 1—1 emberré változik, kik egyetlen teremben gyűlnek össze. Innen „gyorsan“ távozni akarván, oly nagy kapukat nyitnak, melyen másodpercenként egymillió ember léphet ki. Könnyű kiszámítani, hogy a terem kiürüléséhez 20 milliárd év szükséges. Ha az atomsúlyt az *Avogadro-számmal* osztjuk, egyetlen atom súlyát kapjuk eredményül (gramm-egységben kifejezve).

3. A különböző kémiai elemeket nem szabad egymástól merőben független teremtményeknek tekinteni. Hogy közöttük összefüggés van, és ez az elemek atomsúlyával kapcsolatos, azt az *elemek ú. n. periódusos rendszere* bizonyítja. Ezt a rendszert legelőször *Mendelejeff* állította össze (1869) lényegileg úgy, hogy az elemeket atomsúlyuk nagysága rendjében írta egy-

Az elemek periódusos rendszerére.

0	1	2	3	4	5	6	7	8
2 Hélium 4-008	3 Litium 6-940	4 Berillium 9-02	6 Bor 10-82	6 Szén 12-00	7 Nitrogén 14-008	8 Oxigén 16-000	9 Fluor 19-000	
10 Neon 20-188	11 Nátrium 23-007	12 Magnézium 24-32	13 Alumínium 26-97	14 Szalicium 28-08	16 Fosfor 30-98	18 Kén 32-06	17 Klór 35-457	
19 Argon 36-944	19 Kalcium 40-06 20 Cink 65-38	20 Szandium 45-10 21 Gallium 69-72	22 Titán 47-90 23 Arzén 74-91	24 Króm 52-01 24 Szelén 78-96	26 Vanádium 50-95 23 Arzén 74-91	26 Kadmium 101-7 24 Króm 52-01 24 Szelén 78-96	26 Mangán 54-93 26 Brom 79-916	26 Vas, 27 Kobalt, 28 Nikkel 55-84 58-94 58-69
20 Krypton 83-7	20 Rubidum 85-48 27 Eszkót 137-880	20 Stroncium 87-63 28 Kadmium 112-41	29 Itrium 88-92 29 Indium 114-76	40 Zirkonium 91-22 60 Ón 118-70	41 Niób 92-91 59 Antimon 121-76	48 Molibdén 96-0 59 Tellur 127-61	48 Mészium — 68 Jód 126-92	44 Rutenium, 43 Rézium 46 Palládium 101-7 102-91 106-7
24 Xenon 131-3	26 Cézium 132-91 79 Arany 197-2	26 Bárium 137-35 80 Hgany 200-61	27-71 Ritka földfémek*) 81 Tallium 204-39	72 Hafnium 178-6 82 Ólom 207-21	78 Tantal 180-88 83 Bismut 208-00	74 Wolfrám 184-0 84 Polónium 210	75 Rézium 186-91 85 — —	76 Ozmium, 77 Iridium, 78 Platina 191-5 193-1 195-23
26 Készeleki 222	—	86 Rádium 226-05	86 Actinium —	86 Torium 232-1	81 Protaktinium —	88 Uránium 238-14		

*) Ritka földfémek: 57 Lanthán, 58 Cérium, 59 Praseodim, 60 Neodim, 61 Ilmium, 62 Samarium, 63 Europium, 64 Gadolium, 65 Terbium, 66 Dysprosium, 139-93 140-13 140-92 144-27 — 150-43 152-0 157-3 159-2 165-46

87 Holmium, 88 Erbium, 89 Tullium, 70 Itterbium, 71 Ceszopojum
163-5 167-44 169-4 175-04 175-0

Az elemek neve előtt álló számok az illető elemek rendszámát jelentik, a nevek alatt levők pedig az atomtömegeket.
A hidrogén, melynek rendszáma 1 és atomtömege 1-0078, nincs felvéve a táblázatba.

más mellé, a vízszintes sorokat csak akkor szakítván meg, midőn olyan elemekhez érkezett, melyeknek tulajdonságai bizonyos hasonlatosságot mutatnak a már korábban felírt elemek egyikéhez. Az így felírt rendszerben már most az egymás alatt szereplő elemek úgy fizikai, mint kémiai tulajdonságok tekintetében hasonlatosak. Ezenfelül azonban sok más törvényszerűség is megállapítható a rendszerben elfoglalt helyzet és a tulajdonságok között. *Mendelejeff* rendszere azonban különösen eredeti formájában sok-sok rejtélyt és látszólagos ellentmondást is tartalmazott, amelyek nem ok nélkül valósággal izgatták, serkentették a kutatókat. Évtizedeken keresztül vezércsillaga volt ezért a periodusos-rendszer a kutatásnak és bizonyos fokig még ma is az. Könnyen megérthető a serkentő hatás egyik iránya a következőből: *Mendelejeff* nem kicsiny számú helyet üresen hagyott a rendszer felírásánál, hogy a felírt elemek hozzájuk hasonlóké alá kerüljenek. Az illető rubrikák üresen hagyásával azonban akarva-nemakarva jóslásokba bocsátkozott, mert ugyancsak kézenfekvő volt arra gondolni, hogy a kérdéses helyekre olyan elemek tartoznak, melyek akkor még felfedezetlenek voltak. Minden üresen maradt hely önként elárulta az illető felfedezetlen elem közelítőleges atomsúlyát, sőt azok lényegesebb fizikai és kémiai tulajdonságait is. A scandium, gallium és germánium felfedezésének például ilyen módon *Mendelejeff* írta meg az ante-aktáját a nélkül, hogy valaha is látta volna ezeket az elemeket. *Ma már csak két helyet látunk üresen, a 85. és 87. rendszámú, eddig ismeretlen elemét.*

4. A vegyületek molekulái atomokból tevődnek össze. Egyugyanannak a vegyületnek a molekulái egymás között mindenben (súly, nagyság, stb.) egyformák. Azt, hogy valamely vegyület molekulái milyen és hány atomból állanak, képlettel juttatjuk kifejezésre. A kalciumkarbonát (mész, márvány, stb.) képlete — CaCO_3 — például azt jelenti, hogy e vegyület legkisebb részecskéi (molekulái) 1—1 atom kalciumot (Ca) és szenet (C), továbbá 3 atom oxigént (O) tartalmaznak, önként értetődik, hogy *a molekulák súlya az őket alkotó elemek atomjai súlyának összegével egyenlő.* Ha a molekulásúlyt az előbb említett ylvogadro-féle számmal elosztjuk, egyetlen molekula súlyát kapjuk meg ugyancsak gramm-egységben kifejezve.

Ha a különböző vegyületek képletét vizsgáljuk, azt tapasztaljuk, hogy a különböző elemek egy-egy atomja különböző számú hidrogén-, klór-, stb. atommal képes vegyülni. így a konyhasó (NaCl), magnéziumklorid (MgCl₂), alumíniumklorid (AlCl₃), sztanidklorid (SnCl₄) képlete azt mutatja, hogy a nátriumatom egy, a magnéziumatom két, az alumíniumatom három, a szilícium-

ciumatom négy klóratommal vegyül. A kémiai kötést, kapcsolódást az ú. n. *vegyértékeknek* szokás tulajdonítani, röviden azt mondván, hogy minden elem *annyi vegyértékű, mint a hány hidrogén-, illetőleg klóratommal képes az illető elem egy-egy atomja vegyülni*. Ilyen értelemben a Na-atomok 1, a Mg-atomok 2, az Al-atomok 3, az Sn-atomok pedig 4 vegyértékűek.

Vannak elemek, melyek *többféle vegyértékkel* szerepelnek különböző vegyületeikben. Különösen a periodusos-rendszer jobboldali feléri található elemek mutatnak ilyen változó vegyértékűséget. Ha ezeknél a legalacsonyabb és legmagasabb vegyértékszámot tartjuk szem előtt, a periodusos-rendszer következő érdekes törvényszerűségét figyelhetjük meg: A O-jelzésű függőleges oszlopba tartozó ú. n. *nemes gázok* (hélium, neon, argon, kripton, xenon és emanáció) zérus vegyértékűek, mert a tapasztalás szerint ezek semmiféle vegyületet nem képeznek. Az 1, 2, 3 és 4 jelzésű oszlopba tartozó elemek (mint az előző bekezdésben mondott példák is mutatják) rendre 1, 2, 3, illetőleg 4 vegyértékűek. Az 5, 6, és 7 jelzésű oszlopba sorolt elemek legmagasabb vegyértéke rendre 5, 6, illetőleg 7, míg legalacsonyabb vegyértéke ugyancsak rendre 3, 2, 1. Tehát a periódus-rendszer vízszintes sorain balról jobbra haladva és a legmagasabb vegyértékkel számolva a vegyérték lépcsőzetesen 0-tól 7-ig emelkedik, ha pedig a legalacsonyabb vegyértékeket vesszük tekintetbe, a vegyértékszám 0-tól 4-ig emelkedik, onnan ismét lépcsőzetesen csökken.

A klasszikus (múlt század végi) kémia és fizika a vegyületsnél szereplő kémiai erőket nem volt képes kellően értelmezni, és vele együtt természetesen a vegyérték fogalma is nélkülözötte a kielégítő, mélyebb magyarázatot. Ezek a problémák századunk elején még misztikus ködbe voltak burkolva. A legújabb kutatások sok érdeme közt nem a legkisebb az, hogy — mint alább látni fogjuk — ezt a ködréteget, ha nem is minden részletében, de lényegileg mindenesetre, átvilágította.

5. Nemcsak az anyag, hanem az elektromosság is atomos természetű. Ezt következtetjük többek közt az *elektrolitos disszociáció* és az *elektrolízis* jelenségéből. A dolog így áll: Ha az anorganikus vegyületeket, elsősorban az erős savakat, erős bázisokat és sókat vízben oldjuk, azok molekulái nem maradnak „egy darabban“, úgy ahogyan ezt az illető vegyületek képlete kifejezi, hanem olyan részekre (ionokra) bomlanak, melyeknek pozitív, illetőleg negatív elektromos töltésük van (*kationok*, illetőleg *anionok*). Ha például a sósavgázt (HCl) vízben oldjuk, a kapott oldatban *egymástól külön álló*, szabad elektromos töltéssel ellátott hidrogén-, — illetőleg klóratomokat

kell feltételeznünk. Röviden azt mondjuk, hogy a sósavgáz molekulái a vízben való oldás alkalmával hidrogénionokra és klórionokra disszociálódnak: $\text{HCl} = \text{H}^+ + \text{Cl}^-$. Hasonló a sorsa a kénsavnak (H_2SO_4) is, mely vízben oldáskor pozitív töltésű H^+ -ionokra és negatív töltésű (SO_4)⁻-ionokra bomlik. Ilyen a nátriumhidroxid is, melyből oldáskor Na^+ -ionok és negatív töltéssel ellátott hidroxilionok (OH^-) keletkeznek.

Hogy az ionok elektromos töltése valójában honnan ered, arra nézve a klasszikus kémia ép oly kevésbé tudott megfelelni, mint a vegyérték természetének kérdésére. De annyit ki lehetett deríteni, hogy a két probléma (vegyérték és töltés) szorosan összefügg. Világossá válik ez, ha az ionok elektromos töltésének nagyságát vizsgáljuk, melyet az elektrolízis közelebbi tanulmányozása tett lehetővé. Kiderült így, hogy a legkisebb töltés, melyet egyetlen ion viselhet, $4.77 \cdot 10^{-10}$ elektrosztatikus egység, vagyis egy egységnek közel kétmilliárdad része. *Az egyes ionoknak már most vagy ennyi a töltése, vagy e mennyiség kétszerese, háromszorosa, vagy négyszerese és pedig általában — ez különösen nevezetes — annyiszorosa, mint a hány vegyértékű az illető elem.* Az előbb kétvegyértékűnek mondott magnéziumion tehát kétszer akkora pozitív töltést visel, mint az előbb említett hidrogénion. Az alumínium- és sztaniumionoknak pedig 3-szor, illetőleg 4-szer ekkora az elektromos töltésük. Ezt a körülményt az ionok jelében is kifejezésre juttatjuk így: H^+ , Mg^{++} , Al^{+++} , Sn^{++++} . Az anionoknál egészen hasonló a helyzet, csak a töltés előjele ellentétes.

Az egyértékű ionok elektromos töltése — például a hidrogénionoké vagy a klórionoké (H^+ , Cl^-) — az elektromosság atomnyi, legkisebb mennyisége. Lényeges már most, hogy számos, tisztán fizikai jelenségnél is találkozunk ugyanevvel az ú. n. *elemi töltéssel, mint az elektromosság oszthatatlan, atomnyi mennyiségével.* Ugyanakkora negatív töltésük van az *elektronoknak*, akár az alább ismertetett α -sugárzás, akár a katód-sugarak, stb. alakjában figyeljük meg ezeket. A pozitronoknak — melyekről szintén később lesz szó — ugyancsak ekkora pozitív töltésük van.

6. A múlt század-végi helyzetképet még a galván elemek elméletének kialakulásával és a termodinamika tételeinek kémiai vonatkozású alkalmazásaival kellene kiegészítenünk. Az elsőt későbbre hagyjuk, mert a közből elmondandók világosabbá teszik a magyarázatot. Az utóbbiról annyit említünk meg, hogy a termodinamika két főtétele, nevezetesen az *energia-megmaradás* és az *energia-átalakulás* tételét, melyeket eredetileg tisztán fizikai

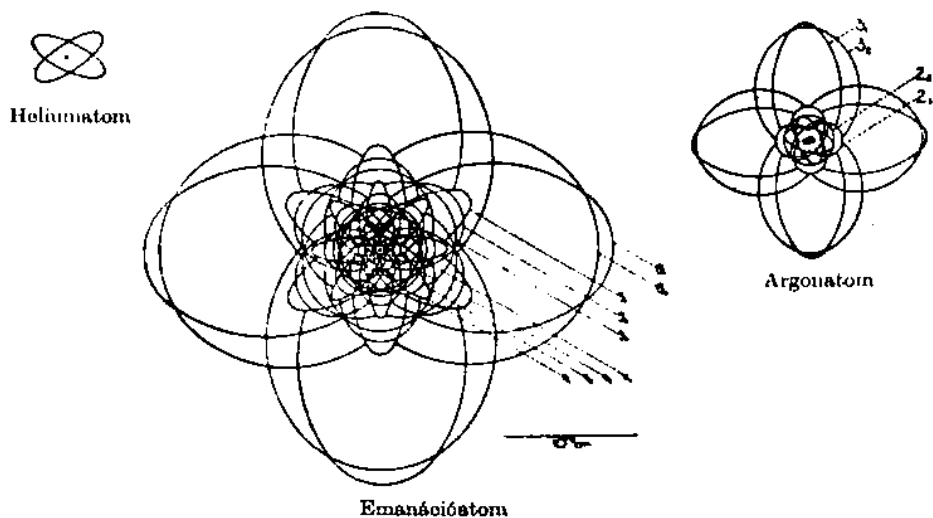
jelenségekre vonatkoztattak, a *kémiai átalakulásokra nézve is mindenben érvényesnek találták*. Nagyban hozzájárult ez a felismerés a kémiai átalakulások, főként a kémiai egyensúlyok elméletének kifejlesztéséhez. Ezeknek a tisztán elméleti vonatkozásoknak taglalásába nem bocsátkozhatunk, csupán egy részletet emelünk ki gyakorlati vonatkozásai kedvéért, nevezetesen a termodinamika első főtételének egyik alakját, amely kémiai „rendszerek“ esetében általánosságban így szól: Ha *meghatározott* állapotú (halmazállapotú, hőmérsékletű, nyomású, stb.) anyagok kémiaiilag átalakulván egy *meghatározott* végső állapotba jutnak, a termelt hő mennyisége is *meghatározott* nagyságú lesz és ez a *hőmennyiség merőben független attól*, hogy milyen úton-módon, milyen közbeneső állapotokon keresztül jutott az anyag a meghatározott kiindulási állapotból a meghatározott végállapotba. Egy gyakorlati példa sejtetni engedi e tétel jelentőségét: Ha egy métermázsa kőszenet (ez a „kezdet-állapot“) levegőben elégetünk, tudvalevőleg főként széndioxid és víz keletkezik égéstermék gyanánt. (Ez a „végállapot“.) A folyamat közben termelt hő mennyisége már most merőben független attól, hogy milyen úton történik a széndioxid és víz termelése. Tehát ugyanakkora hőmennyiséget kapunk eredményül, akár közvetlenül pl. rostélyon tüzeljük el a szenet, akár pl. világítógáz gyártásra használjuk fel és a nyert összes termékeket, gázt, kátrányt, kokszt külön-külön égetjük el széndioxiddá és vízzé. Ez az elméleti tétel természetesen nem érinti a gyakorlat különleges szempontjait, melyeket függetlenül kell számításba venni. Ilyen pld. az a kérdés, hogy az égést miképpen tudjuk végrehajtani és milyen veszteségek keletkeznek az ideális égéshez képest a valóságban.

* * *

Az az esztendő (1896), melyben Hazánk ezeréves fennállását ünnepeltük, egyben születési éve a kémia és fizika olyan korszakának, melyhez természettudományos termékenység dolgában csak a *Daltont* és *Avogadrot* követő évszázadot hasonlíthatjuk. Ebben az évben fedezte fel *Becquerel* a *radioaktivitás* jelenségét, a megelőző évben felfedezett *Röntgen-sugárzás* nyomán. *Dalton* és *Avogadro* idejében más volt a helyzet, mint *Becquerel*-ében. Mostanság sokkal több műhelye, szentélye van a tudományos kutatásnak, mint akkoriban. Az eredmény nem is maradt el. Még annak a szerencsétlenségnek ellenére is, mely a világra 1914-ben zúdult, megállás nélkül lázas sietséggel folyt és folyik a munka, hogy mielőbb kiaknázzák a korábban nem is sejtett csodás tudományos kincset, melyre a Röntgensugárzás és

a radioaktivitás felismerése vezette rá a világot. Az azóta eltelt négy évtized alatt a tudomány épülete azelőtt nem is képzelt magasságúra épült és pedig *a nélkül, hogy a korábbi épületeket le kellett volna rombolni.*

Az anyag szerkezetére vonatkozólag előállott új helyzetkép legjellemzőbb vonásául annak felismerését kell tartanunk, hogy *elemek atomjai, melyeket Dalton legkisebb és oszthatatlan részecskéknek tekintett, részben vannak összetéve.* A Bohr-féle atommodell szerint, melyről néhány elemre nézve a mellékelt 1. ábra tájékoztat, úgy kell az atomokat elképzelnünk, hogy *minden atom középpontját pozitív elektromos töltésű atommag képezi és e körül bolygók módjára negatív elektronok keringenek.* Az atommagokról is és a keringő elektronokról is külön-külön sok mondanivalónk van.



1. ábra. Néhány elem Bohr-féle atommodellje.

Az *atommagok* tömege, súlya, aránylag nagy, a keringő elektronoké pedig viszonylagosan elenyésző. (Az elektron tömege a hidrogénatoménak mindössze 1/1830-ad része.) A különböző elemek atommagjai különböző nagyságú pozitív töltést viselnek. *A pozitív töltések száma annyi elemi töltés, mint amennyi az illető elem rendszáma a periódusos rendszerben.* Mindjárt hozzátesszük, hogy a mag körül a keringő negatív elektronok száma

ugyanennyi és ezért a teljes atom kifelé elektromosan semleges. Nevezetes már most, hogy az atommagok is összetettek. *A radioaktív elemek atommagjait éppen az jellemzi, hogy ezek önmagoktól, minden külső beavatkozás nélkül felbomlanak és egyben kémiai értelemben is átalakulnak.* Más elemeknél pedig mesterségesen lehet az atommagokat bomlásra bírni. (Atom-bontás, mesterséges elemátalakítás, mesterséges radioaktivitás.)

A radioaktív elemek atommagjaiból vagy α -, vagy β -részecskék törnek elő. (Utóbbiak kilövellődését rendszerint a Röntgensugárzással lényegileg megegyező tulajdonságú γ -sugárzás kíséri.) Az α -részecskék lényegileg a héliumatomok magjai, melyek — mint atommagok — pozitív töltést viselnek, szám szerint két elemi pozitív töltést. (A hélium a periódusos-rendszerben a 2. elem.) Ezek hatalmas sebességgel törnek elő a radioaktív elemek atommagjaiból, kezdő sebességük 15.000—22.000 kilométer másodpercenként. A β -részecskék alapjában véve radioaktív elemek *magjaiból* eredő negatív elektronok, melyeknek még nagyobb a kezdő sebességük, 100.000—300.000 kilométer másodpercenként.

Az α -, illetőleg β -részecskék kilövellése természetesen megváltoztatja az atomok tulajdonságait, melyekből a kilövellés történt. Egyrészt csökken a tömegük: Ha α -részecske távozott a magból, a tömegcsökkenés az atom-súly egységeiben kifejezve kereken 4, mert ennyi a hélium atomsúlya. A tömegcsökkenés β -részecskék kibocsátásakor azonban elenyésző, mert — mint mondtuk — a β -részecskéknek (elektronoknak) az atomokéihoz képest igen kicsiny a tömegük. Lényegesebb ennél, hogy az α -, illetőleg β -részecskék távozása az atommag pozitív töltéseinek számát megváltoztatja, α -részecskék kilövellésekor az atommag pozitív töltéseinek száma kettővel csökken (láttuk u. i., hogy az α -részecskék két pozitív töltést viselnek), a β részecskék kisugárzása pedig egy egységgel növeli a mag pozitív töltéseinek számát. (Ha u. i. az eredetileg pozitív töltésű magból negatív töltés távozik, a maradvány szabad pozitív töltése szükségképpen növekszik.) Tudva már most, hogy *az elemeknek a periódusos rendszerben elfoglalt helyét, vagyis rendszámát és vele együtt kémiai tulajdonságait az atommag pozitív töltéseinek száma szabja meg*, eleve megmondható, hogy milyen kémiai tulajdonságúvá válik valamely elem, ha atomjaiból 1—1 α -, illetőleg β -részecske távozik. Jól megfigyelhető ez, ha a mellékelt uránium-rádium-családfa adatait a periódusos rendszer adataival egybevetjük. Például az uránium (rendszám 92) atomjai α -részecskéket lövellvén ki, a belőle származó uránium-Xi nevű elem kémiai értelemben véve szükségképpen tórium

Az uránium-családja elemei.

Név	Jel	Atom- súly (lekere- lítve)	Rend- szám	Kémiai típus	Sugár- zás	Felbontási idő
Uránium I	UI	238	92	Uránium	α	4500 millió év
Uránium X ₁	UX ₁	234	90	Tórium	β, γ	24 nap
Uránium X ₂	UX ₂ ?	234	91	Protakt.	β, γ	1-17 perc
Uránium II	UII	234	92	Uránium	α	1 millió év
Uránium Y	UY	?	90	Tórium	β	25 óra
Ionium	Io	230	90	Tórium	α	76.000 év
Rádium	Ra	226	88	Rádium	α, β	1580 év
Rádiumemanáció	RaEm	222	86	Emanáció	α	3-82 nap
Rádium A	RaA	218	84	Polónium	α	3-0 perc
Rádium B	RaB	214	82	Ólom	β, γ	26-8 perc
Rádium C	RaC	214	83	Bizmát	(α) β, γ	19-7 perc
Rádium C'	RaC'	214	84	(Polónium)	α	0-000001 m.-perc
Rádium C''	RaC''	210	81	Tallium	β	1-32 perc
Rádium D	RaD	210	82	Ólom	β, γ	16 év
Rádium E	RaE	210	83	Bizmát	β, γ	5-0 nap
Rádium F (Polónium) ..	RaF	210	84	Polónium	α	136 nap
Rádium G	RaG	206	82	Ólom	—	—

lesz, mert a rendszám 2-vel csökken, vagyis 90-re esik. Folytatólag: az uránium-Xi-ből B-részecskék kisugárzása folytán olyan elem keletkezik, melynek kémiai tulajdonságai a protaktiniuméval egyezőek (mert a rendszám

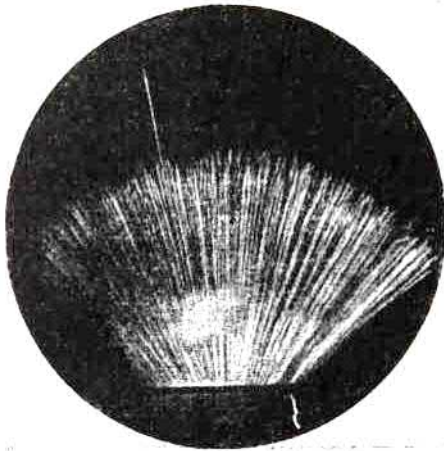
1-el növekszik, tehát 91 lesz), stb. A radioaktivitás jelenségével tehát szükségképpen együttjár ez illető elemek kémiai tulajdonságainak átváltozása.

A radioaktív elemek legeslegtöbbször az önkéntes bomlás nem fejeződik be egyetlen α - vagy β -részecske kibocsátásával, hanem — mint most is láttuk — a bomlás egész sorozatban folytatódik tovább. Például az uránium atomjainak fokozatos bomlása csak akkor ér véget, ha ez a 238-as atomsúlyú elem 206-os atomsúlyúvá bomlott le, mely elem kémiai értelemben véve az ólommal mindenben megegyező tulajdonságú. Így a sorozatos lebomlás egész családfájáról beszélhetünk. (Lásd a mellékelt táblázatot. Megjegyezzük, hogy az uránium-rádium-családfán kívül még két, hasonló családfa ismeretes, a protaktinium és a tórium családfája.) A bomlások nem történnek minden atomnál egyszerre. Ha például egy bizonyos mennyiségű rádiumunk van (ez persze meghatározott számú rádiumatomból áll), akkor olyanformán vagyunk, mintha egy nagy városunk volna meghatározott számú lakossal. E lakosok nem egyszerre halnak meg, hanem majd egyik, majd másik. Éppen így rádiumatomjainknak majd egyike, majd másika bocsát ki egy-egy α -részecskét, hogy így emanációvá alakuljon. Azt az időtartamot, mely szükséges, hogy meghatározott (nagyszámú) atomok felénél bekövetkezzék az átalakulás, *felezési időnek* nevezzük. Mint a most említett táblázat adataiból láthatjuk, a különböző radioaktív elemek felezési ideje ugyancsak különböző, az urániumé 4500 millió év, a RaC'-elemé pedig egymilliomod másodperc.

Nem lehet ennek az áttekintő kis fejezetnek célja, hogy apróra megmagyarázzuk, miként volt lehetséges az elmondott törvényszerűségek kiderítése. De annyit elmondhatunk, hogy lényeges szerep jutott ebben az α - és β -részecskék nagy sebességéből folyó hatalmas kinetikai energiájának és annak, hogy ezek a részecskék szabad elektromos töltést viselnek. Ezen okoknál fogva az α - és β -részecskék fölöttébb aktívok és olyan hatásokat képesek létesíteni, melyek lehetővé teszik, hogy ezeket a részecskéket akár egyenként szemmel megfigyelhessük, vagy akár automatikus berendezéssel megszámlálhassuk, kilövellésüket füllel hallhatóvá tehessük, sőt útjukat lefényképezhessük.

Ha pl. a mondott α -részecskék kristályos cinkszulfidfelületre ütköznek, e parányi lövedékek becsapási helyén egy-egy pillanatig tartó, de sötét helységben mikroszkóp alatt mégis jól látható felvillanások (szcintillációk) lépnek fel.

A levegőt az α - és β -részecskék oly módon, hogy a gázmolekulákból keringő elektronokat taszítanak ki, miáltal a maradvány-atomok pozitív töltésű iónokká lesznek, másrészt a kiteszított elektronok más gázatomokhoz csatlakozván, ezeket negatív iónokká alakítják. Egyetlen «-részecske néhány centiméteres útjában ilyképpen a levegőben pár százezer gáziónpárt létesít, melyek jelenléte folytán a levegő elektromosan vezetővé válik. Ezek az iónok ugyanis az ellentétes elektromos töltésű elektródokhoz vándorolnak és éppúgy vezetik át az elektromosságot a gázon, mint a folyadék-ionok az oldatokon. Ezen a hatáson alapszik a radioaktivitás



2. ábra.
Wilson-kamra felvétel «-részecske
nyalábról.

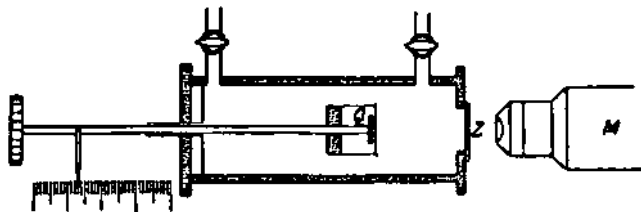
elektroszkópos mérése, avagy a részecskék ú. n. csúcscsámlálóval való számlálása.

Az egyes α - és β -részecskék útjának láthatóvá tételét és lefényképezését a *Wilson-f. ködkamra* teszi lehetővé. Ennek elve a következő: Gondoljuk el, hogy egy dugattyús hengerbe valamely gáz van bezárva és mi a dugattyút hirtelen kifelé húzzuk. Ilyenkor a gáz kitágul és ezenközben szükségképpen lehűl. Ha a gáz eredetileg vízgőzzel telítve volt, a lehülésnek az lesz a további következménye, hogy a vízgőz egy része ködcseppecskék alakjában kicsapódik. Megállapítható azonban, hogy a ködcseppek képződése elmarad, ha a gáz teljesen

pormentes, mert — ilyen kísérletnél — rendszerint a szemmel láthatatlan kis porszemecskék képezik a göcöket, melyekre a vízgőzmolekulák rácsapódnak, és így a ködcseppek képződését lehetővé teszik. Nevezetes már most, hogy ilyen göcök gyanánt minden levegőión (gázión) is működhetik. Ha tehát az említett hengerben, melynek levegője teljesen pormentes, «-részecskéket szolgáltató radioaktív anyag van, az ezek útja nyomán keletkező iónok mindegyike ködcseppek göca lesz. így az «-részecskék útját ködcseppek sorozata — ködcseppek alkotta vonal — jelzi, mely jól látható és fényképezhető. Ilyen *Wilson-kamra* fényképfelvételt látunk a 2. képen. Az ecsetszerűen szétmenő vonalak mindegyike 1—1 «-részecske útját mutatja. Az α -részecskék, mint láthatjuk,

csak meghatározott távolságra (néhány centiméternyire) jutnak a levegőben. Ez azért van, mert sebességük csökkenésével hozzájuk 2—2 elektron csatlakozván, belőlük elektromosan semleges héliumatomok válnak és ezzel egyidejűleg ionizáló hatásuk megszűnik.

A radioaktív elemek azért lövelnek ki α - vagy β -részecskéket, mert atommagjaik nem stabilis alakulatok, tehát arra vannak ítélve, hogy előbb-utóbb önmagáktól felbomoljanak. A többi, tehát nem radioaktív elemek atommagjai ezzel szemben stabilis egyensúlyban levő rendszernek tekintendők. Utóbbiak stabilitását azonban mesterségesen, külső behatásokkal megzavarhatjuk. Az első ilyen kísérletet 1920-ban *Rutherford* nitrogénatomo-

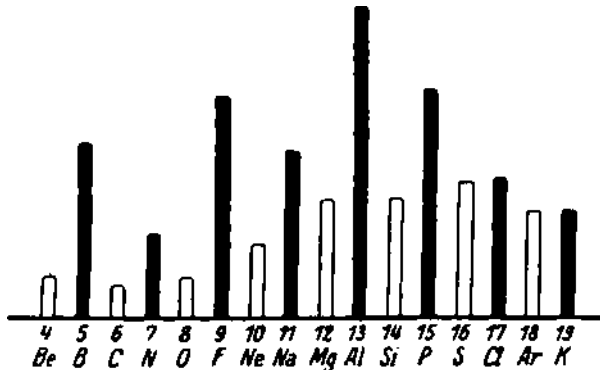


3. ábra.

RUTHERFORD és CHADWICK atomromboló készüléke.

kon végezte olyan módon, hogy a nitrogéngázt α -részecskék hatásának tette ki. Készülékének berendezése a 3. rajzból látható. Az α -részecskéket szolgáltató radioaktív készítményt Q-nál helyezte el, a nitrogéngáz pedig a körülötte levő hengeres teret töltötte be. Az α -részecskék a Z cinkszulfid-ernyőn szcintillációkat okoznak, melyek az M mikroszkóppal megfigyelhetők. Ha a radioaktív készítményt az ernyőtől oly messze helyezte el, hogy oda már az α -részecskék nem juthattak el (vagyis a Q és Z közti távolság nagyobb volt, mint az α -részecskék hatótávolsága), még mindig észlelhetők voltak szcintillációk, noha jóval gyengébbek, mint az α -részecskék által okozottak. E gyenge szcintillációkat előidéző részecskék tömegét abból az eltérítésből lehetett megállapítani, melyet a részecskék pályájára a mágneses, illetőleg elektromos tér gyakorol. Így kiadódott, hogy a kérdéses részecskék lényegileg *hidrogénatommagok*, más néven *protonok*, melyek — miután a hidrogén a periódusos rendszerben az 1. helyet foglalja el — egy pozitív töltést viselnek. Utóbb sok más elem atommagjából sikerült hasonló módon protonokat elkülöníteni és így általánosságban kimondható, hogy a protonok sok más elem atommagjának alkatrészét képezik.

Az a-részecskék atommagbontó hatásának mérlegelésénél vegyük tekintetbe e részecskék óriási kinetikai energiáját. Egyszerű számítás azt eredményezi, hogy *1 gramm* a-részecskének kinetikai energiája maximálisan kerekén *20.000 tonnakilométerrel* egyenlő, vagyis akkora energiával, mint amennyivel 20.000 tonnát 1 kilométer magasságra lehetne emelni. Az a-részecskék képezik a „legkoncentráltabb“ energiaforrást, a legnagyobb energiájú bombákat vagy lövedékeket, melyeket egyáltalán ismerünk. A legrombolóbb robbantóanyagok energiája — szintén egységnyi tömegre (súlyra) vonatkoztatva — elenyésző csekélységnek mondható az a-részecskék energiájához képest. Ennek a nagy kinetikai energiának kell tulajdonítani, hogy



4. ábra.

Néhány könnyű elemből származó proton hatótávolsága.

az a-részecskék megbolygatni képesek a különben stabilis atommagok egyensúlyát.

Az a-részecskékkel való bombázás hatására a különböző elemek atommagjaiból kilótt protonok különböző energiával hagyják el a kérdéses atommagokat. *Energiájuk* hatótávolságukból ítélhető meg, vagyis *abból a távolságból, amennyire ezek pl. közönséges nyomású levegőben eljutni képesek.* Néhány elemre nézve az ilyen hatótávolságokat a 4. rajz tünteti fel. Ha a hatótávolság aránylag nagy, az arra vall, hogy a kérdéses elem atomjainak magjai — melyekből a protonok származnak — kevésbé stabilisak. Feltűnik ebből az összeállításból, *hogy a páros rendszámú elemek atommagjai a felfogás értelmében stabilisabbak, mint a páratlan rendszámúakéi.* Nyilván nem véletlen, hogy Földünk számunkra hozzáférhető részének 85%-a páros rendszámú elemekből áll.

Térjünk vissza ismét az 520. lapon közölt táblázatra és figyeljük meg annak ötödik függőleges oszlopát, melyben azt tüntettük fel, hogy az urániumatomok fokozatos lebomlása során keletkező és folytatólag lebomló atomok *kémiai* tulajdonságai melyik elem kémiai tulajdonságait mutatják. Többek közt azt látjuk ebből a táblázatból, hogy a rádium-B, a rádium-D és a rádium-G nevű elemek kémiai értelemben véve tulajdonképpen ólomféleségek. Tulajdonságaik a közönséges óloméival annyira egyezőek, hogy ezeket az elemeket egymástól, vagy a közönséges ólomtól semmiféle kémiai eljárással nem lehet elkülöníteni. A felsorolt elemeket és a közönséges ólomot röviden *ólomizotópoknak* nevezzük, mert a periódusos rendszerben *egy* helyre kell őket beosztani, a közönséges ólom helyére. Analóg módon — ugyancsak az 520. lapon közölt táblázat alapján — bizmutizotópokról (rádium-C és rádium-E), poloniumizotópokról (rádium-A, rádium-C' és rádium-F), avagy uránium-, tórium- és protaktiniumizotópokról is beszélhetünk. Hasonló izotópokkal találkozunk a már említett, de közelebbről nem ismertett protaktinium- és tórium-családfa elemei között is.

Az izotópja jelensége arra tanít, hogy *az elemek kémiai tulajdonságait nem az atomsúly, hanem az atommagok pozitív töltéseinek száma, vagyis a rendszám határozza meg*. Mert íme: a most említett radioaktív ólomféleségek (RaB, RaD), illetőleg nem radioaktív ólomféleségek (RaG, közönséges ólom) atomsúlyaik eltérő volta ellenére (a megfelelő atomsúlyok rendre: 214, 210, 206, 207) kémiailag mindenben egyező tulajdonságokat mutatnak.

Az izotópja jelenségének felismerésére — mint látjuk — a radioaktív elemek tanulmányozása vezette rá a kutatókat. Mikor ez a meglepő tény így kétségtelenné vált, az a kérdés vetődött fel, hogy vajjon a közönséges, *nem radioaktív elemeknek is vannak-e eltérő atomsúlyú féleségeik*, vagyis izotópjaik? *Aston* érdeme, hogy tömegspektrográfjával erre a kérdésre szabatos és pedig igenlő feleletet kaptunk. Kiderült, hogy a *legtöbb kémiai elem* tulajdonképpen nem tökéletesen homogén, vagyis nem teljesen egyenlő tömegű atómkból áll — mint ahogyan azt *Dalton* feltételezte —, hanem *különböző atomsúlyú, de egyező kémiai tulajdonságú izotópok keveréke*. Az alábbi összeállításban feltüntetve látjuk néhány elem izotópjainak atomsúlyát. Az atomsúlyok után zárójelben levő számok azt mutatják, hogy az illető izotópok az elem hány százalékát képezik.

Mint már említettük, ugyanannak az elemnek izotópjai annyira egyező kémiai magatartásúak, hogy ezeket semmiféle kémiai módszerrel nem sike-

Néhány elem nem-radioaktív izotópjai.

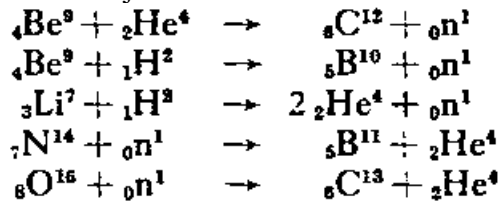
Az elem				Az egyes izotópok atomsúlya (A zárójelben foglalt számok az illető izotóp gyakoriságát jelentik százalékokban)
rend- száma	n e v e	jele	kémiai atomsúlya	
1.	Hidrogén	H	1,0078	1,007775 (99,98), 2,01363 (0,02), 3 (10 ⁻⁷)
3.	Lítium	Li	6,940	6,0145 (8,3), 7,0146 (91,7)
4.	Berillium	Be	9,02	8 (kb. 0,05?), 9,0155 (99,95)
5.	Bór	B	10,82	10,0135 (20,6), 11,0110 (79,4)
6.	Szén	C	12,00	12,0036 (99,0), 13 (kb. 1)
7.	Nitrogén	N	14,008	14,008 (99,7), 15 (0,3)
8.	Oxigén	O	16,000	16,0000 (99,8), 17 (0,03), 18,0065 (0,16)
12.	Magnézium	Mg	24,32	24 (kb. 78), 25 (kb. 11), 26 (kb. 11)
17.	Klór	Cl	35,457	34,983 (kb. 75), 36,980 (kb. 25), 39? (?)
18.	Argon	A	39,944	35,976 (0,330), 38 (0,05), 39,971 (99,62)
19.	Kálium	K	39,096	39 (93,3), 40 (0,01), 41 (6,6)
20.	Kalcium	Ca	40,08	40 (97), 42 (0,8), 43 (0,2), 44 (2,0)
26.	Vas	Fe	55,84	54 (kb. 5), 56 (kb. 95)
47.	Ezüst	Ag	107,880	107 (kb. 55), 109 (kb. 45)
80.	Higany	Hg	200,81	196 (0,10), 197 (kb. 0,01), 198 (3,89), 199 (16,45), 200,016 (23,77), 201 (13,87), 202 (29,27), 203 (kb. 0,006), 204 (6,85)

rül megkülönböztetni, vagy elkülöníteni. Fizikai tulajdonságaikban azonban észlelhetők igen csekély eltérések és ezek kihasználásával egyik-másik esetben nem csekély munka árán részleges elkülönítés lehetséges volt (*Hevesy György*). Gyakorlatilag teljes elkülönítés csupán a hidrogén ama két izotópjánál volt lehetséges, melyek atomsúlya 1, illetőleg 2. Erről alább még szólni fogunk.

A radioaktív elemek atommagjaiból önként távoznak el α - és β -részecskék (héliumatommagok, illetőleg negatív elektronok). Másrészt láttuk, hogy nem-radioaktív elemek atommagjait α -részecskékkel bombázzán, belőlük protonok (hidrogénatommagok) különíthetők el. Ezen a három alkatrészen kívül *újabb atommagalkatrészt sikerült pár évvel ezelőtt megfigyelni: a neutronokat*. Ezek is α -részecskékkel való bombázás alkalmával pattannak ki nagy sebességgel bizonyos atomok magjaiból és megfigyelésük azáltal vált lehetségessé, hogy a bombázást Wilson-kamrában végezték. *Megállapították, hogy a neutronok tömege a protonokéval egyező, de nincs szabad elektromos töltésük*. Az atommagokból α -részecskékkel kilőtt neutronok energiája (sebessége) oly nagy lehet, hogy más atomok magját képesek

bomlásra bírni, ha beleütköznek. Másrészt azt is meg lehetett állapítani, hogy az ú. n. nehéz hidrogénnek (vagyis a hidrogén 2-es atomsúlyú izotópjának) atommagjai is alkalmasak atommagbontásra és neutronok felszabadítására, ha ezeket az ú. n. csősugarak alakjában alkalmazzuk, vagyis nekik kellő sebességet adunk. Ilyenképpen az atommagbontásoknak sokféle alakját sikerült megfigyelni. Kiderült, hogy sok esetben tulajdonképpen nem is atommagbontással van dolgunk, mert a „felbontott“ atommag a „beavatkozás alkalmával nemcsak hogy nem okvetlenül vesz tömegéből, hanem tömegében gyarapodhatik is.

Figyeljük meg az atommagreakcióknak néhány példáját, melyek mondanivalónkat legtömörebben fejezik ki:

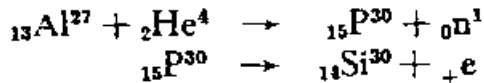


Ezekben az újszerű egyenletekben az elemek jele előtt látható számjegy az illető elem rendszámát (az atommag töltésszámát), az utána következő pedig annak atomsúlyát jelenti. A „n¹”-jelzés neutront jelent, miután ennek rendszáma (töltése) zérus, és atomsúlya 1 (a hidrogénéval, illetőleg protonéval egyező). Egyenleteink közül az elsőben a-részecskék (He⁺⁺), a másodikban és harmadikban nagy sebességű nehéz-hidrogén-atommagok (1H²), az utolsó kettőben pedig ugyancsak nagy sebességű neutronok (0n¹) végzik az elem átalakítását. Az első egyenlet szerint a bérillium atomjaiból szénatomok, a második szerint ugyancsak a bérillium atomjaiból bóratomok képződnek. A harmadik egyenlet a lítiumatomoknak héliumatomokká való átalakítását tünteti fel, míg az utolsó két egyenlet szerint a nitrogén-, illetőleg oxigénatomok bór-, illetőleg szénatomokká lesznek.

A legutóbbi évek tudományos vizsgálatai a felsoroltakon kívül még egy atommagalkatrész felismerésével gazdagítottak, a *pozitronnal*. Ennek neve elárulja természetét: a *pozitronok* lényegileg pozitív elektronok, tehát a *pozitív elektromosságnak éppúgy legkisebb részecskéi (atomjai), mint a a negatív elektronok a negatív elektromosságéi*. Ezek γ -sugárzás hatására keletkeznek, ha a γ -sugárzás energiája kellően magas. Régóta vajúdo kérdést oldott meg a pozitronok felfedezése, nevezetesen azt, hogy kétféle elektromosság van-e, vagy csak egyféle. Korábban u. i. „szabad“ állapotban

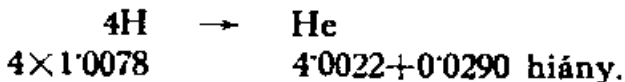
csak a negatív elektromosságot ismertük a negatív elektronok alakjában és pozitív elektromosságról akkor beszéltünk, ha valamely testben a negatív elektronok száma *viszonylagosan* megcsökkent. A pozitronok felfedezése természetesen a dualisztikus álláspontot igazolta.

Pozitron-kisugárással van dolgunk az *Iréné Curie* és *Joliot* által 1934-ben felfedezett „mesterséges radioaktivitás“ jelenségénél is. A dolog úgy áll, hogy bizonyos elemeknek a-részecskékkel való bombázásakor pozitronok lövelődnek ki és ez a pozitronkisugárzás akkor is folytatódik, ha az a-részecskékkel történő bombázást megszüntetjük. Az utóbbi jelenség magyarázata az, hogy az a-részecskék hatására instabilis atommag-alakulatok jönnek létre, vagyis lényegileg hasonlóak, mint a természetes radioaktív elemek atommagalakulatai. Pozitronsugárzásuk tehát éppen instabilitásuk következménye. Íme a mesterséges radioaktivitás egy példája:



Az első egyenlet szerint az a-részecskék (${}_2\text{He}^4$) hatására az alumínium-atommagokból 30-as atomsúlyú foszforatommagok jönnek létre; a második egyenlet pedig azt mutatja, hogy ezek a foszforatommagok *önként* átalakulnak szilíciumatomokká, miközben pozitronok (${}_+e$) sugárzódnak ki.

Az eddig elmondottak nem hagynak semmi kétséget aziránt, hogy az atomok részekből vannak összetéve. A hélium- és hidrogénatommagok (a-részecskék, illetőleg protonok), továbbá a neutronok kétségtelenül részei a különböző atomok magjainak. Ezzel a megállapítással reális alakban kelt életre egy száz év előtti megsejtés, melynek egy angol orvos, *Prout* volt 1815-ben a fő képviselője. Ez az akkoriban kellően nem igazolható feltevés úgy szólt, hogy igazában csak egyetlen elem (őselem) létezik, a hidrogén, és minden más elem a hidrogénnek valamilyen változata. Ha már most megkíséreljük ezt az elvet az elemek igen nagy pontossággal ismert atomsúlyával egybevetni, csakhamar zökkenőre jutunk okoskodásunkkal. Tegyük fel pl., hogy a hélium négy hidrogénatomból volna összetéve (ezt *közvetlenül* igazolni eddigelé nem sikerült!); figyeljük meg már most a megfelelő atomsúlyokat:



Számadataink arra mutatnak, hogy ha a hidrogén négy atomjának egy héliumatomná való egyesülése sikerülne, úgy 0'0290 súlyegységnyi „hiánnyal“, ú. n. tömegvesztéssel kellene számolni. Ezt a zökkenőt azonban a relativitás-elmélet megmagyarázni képes, feltételezvé, hogy az elveszett tömeg energia alakjában jelentkezne ennél az átalakulásnál. Sőt a relativitás-elmélet alapján a várható energia nagysága is kiszámítható: 1 gramm hélium képződésénél 20-milliószer akkora energia szabadulna fel, mint 1 gr szén elégésekor. (Ez a hatalmas reakcióhő egyben mértéke lenne a héliumatomok stabilitásának, mert viszont annyi energiát kellene 1 gramm héliummal közölni, hogy hidrogénné alakuljon.) Mint mondtuk, ezt a reakciót megvalósítani nem sikerült ugyan, de még sem szabad kétségbevonni ilyenféle számítások jogosultságát. Voltak u. i. olyan elemátalakítási esetek, amikor a számított tömegvesztés értékét sikerült valóban energia alakjában veszteség nélkül megkapni, és pedig az atomrombolási termékek kinetikai energiája alakjában, aminek nagysága viszont a részecskék észlelt sebességéből kétségtelenül szabatosan volt megmérhető. Más szavakkal ez annyit jelent, hogy ilyen esetekben sikerült a látszólag veszendőbe ment tömeg sorsát szabatosan igazolni, a tömegekkel „hűségeesen elszámolni“.

Az elemátalakítások a laikusokat az aranycsinálás és a most említett energiafelszabadulások szempontjából érdeklik. Gyakorlati értelemben azonban ezek a remények legalább is egyelőre nem jogosultak. Ne feledjük, hogy eddigi tapasztalásaink szerint az elemátalakítások véghezvitele céljából nagy energiájú részecskékre van szükségünk, például a-részecskékre. Hozzájárul ehhez, hogy az elemátalakítás csak „telitalátok“ esetén lehetséges, vagyis az szükséges, hogy a nagy energiájú részecskék valóban beleütközzenek az átalakítandó atommagokba. Miután ezek a telitalátok aránylag ritkák, az elemátalakító részecskék kihasználása igen csekély. Elemeket olyan mennyiségben még egyetlen laboratóriumban sem alakítottak át mesterségesen — és belátható időn belül nyilván nem is fognak —, hogy a „termék“ pl. mérlegen megmérhető, avagy szabad szemmel meglátható legyen, még ha a legérzékenyebb analitikai mérlegekre gondolunk is. Elvileg inkább lehet a tömegvesztésből eredő energiák értékesítésére gondolnunk.

Az atommagok körül keringő elektronokról idáig annyit mondtunk, hogy a komplett, sértetlen atomokban ezeknek száma ugyanannyi, mint ahány pozitív elemi töltése van az atommagnak. Kifelé tehát a komplett

atom *elektromosan semleges*. Viszont céloztunk arra is, hogy bizonyos esetekben könnyen leválhatnak egyes elektronok az atomokból, másrészt pedig „számfeletti“ elektronok kapcsolódhatnak egyes atomokhoz. Ilyen esetet láttunk akkor, midőn a gázok ionizációjáról volt szó. Kiegészítjük ezt azzal, hogy sokszor egyszerű dörzsölés elegendő az elektronok leválasztásához. A dörzsölés! elektromosság keltésekor egyik anyag a másikkal ledörzsöli az elektronok egy részét. A fémekből fény hatására is válhatnak le elektronok (fotoelektromos jelenség, fotocellák).

Niels Bohr nevéhez fűződik azoknak a pompás eredményű fizikai kutatásoknak megindítása, melyek az atomok keringő elektronjaira vonatkoznak. Előrebocsátjuk, hogy ezeknek a tisztán fizikai kérdéseknek részletezésébe belebocsátkozni nem lehet feladatunk. Szintúgy nem foglalkozhatunk *Schrödinger* és mások elméletével, kik *Bohr* elméletét folytatták és kiegészítették, említés nélkül kell hogy hagyjuk a kvantummechanikát és hullámmechanikát is, melyen az atomfizika mai tudománya felépül, nemkülönben a korpuszkuláris és hullámelmélet problémáját stb. Tisztán a *kémiai* jelenségek értelmezése a célunk és csak annyit — megrövidítve és stilizálva — fogunk a fizikai területekről elmondani, mint amennyi a kémiai kérdések megvilágítása érdekében szükséges.

A keringő elektronok magatartására és helyzetére az elemek spektruma ad felvilágosítást, vagyis azok a sugarak, melyek az atomokból kilövelődnek, ha fénykibocsátásra gerjesztjük őket, akár elektromos úton (pl. *Geissler-féle* csövekben), akár magas hőmérsékletre való hevítés által (lángban, szikrában, elektromos ívlámpában). Ha a kilövelt fényt spektroszkóppal vizsgáljuk, jól definiált hullámhosszú sugarakból találjuk ezt összetéve. A legegyszerűbb elem, a hidrogén spektrumában — annak szemmel látható részében — pl. öt spektrumvonalat, vagyis ötféle hullámhosszú sugárzást figyelhetünk meg (1—1 vörös, zöld és kék, továbbá két ibolyaszínű vonalat). A magasabb atomsúlyú elemek spektruma azonban igen sok, netán többzernyi vonalból tevődik össze, különösen ha a szemmel láthatatlan, de könnyen lefényképezhető vonalakat is beszámítjuk. A kérdés ez volt: milyen szerkezetet kell az atomnak tulajdonítani, hogy kellően értelmezhesük ezeknek a sugaraknak létrejöttét? A helyzet hasonlít ahhoz, mintha egy földöntúli fizikusnak, ki hangszerekről mitsem tud, arra kellene következtetni, hogy miféle berendezésű eszköz szolgáltatja a szomszéd szobából áthallatszó zongoraszót, vagyis az áthallatszó, jól definiált hullámhosszú hangokat.

A probléma megoldása *Bohr* elmélete szerint lényegileg a következő: Az elektronok az atommag körül nem akármilyen, hanem csakis *meghatározott* pályákon keringhetnek. Egyugyanazon elektron számára azonban nem csak egy pálya lehetséges, hanem több, de mindenkor *meghatározott*, tehát nem akármilyen sugarú pálya. (Éppúgy, mint a többvágányú vasútvonalakon: a vonat vagy az egyik, vagy a másik sínpáron haladhat, közbeszó helyen azonban nem.) Megvan tehát a lehetősége annak, hogy az *elektron pl. egy meghatározott, belsőbb, kisebb sugarú pályáról egy olyan külsőbb, nagyobb sugarú pályára átugorjék*. Ehhez azonban meghatározott nagyságú energiabefektetés szükséges. Ha viszont az elektron a nagyobb sugarú pályáról a kisebb sugarúra ugrik vissza, ugyanez a meghatározott *energiamennyiség felszabadul* és pedig *meghatározott hullámhosszú fény-sugár kilövelése alakjában*, tehát sugárzó energia képében. Ezek szerint minden spektrumvonal egy meghatározott külső pályáról egy meghatározott belső pályára történő elektronvisszaugrásnak felel meg. A most mondottakkal kapcsolatos, hogy az energia is atomos természetű, éppen úgy, mint azt az anyagról és az elektromosságról már röviden elmondottuk. A *Planck*-féle kvantumelmélet szerint — melyet szerzője *Bohr* elmélete előtt állított fel és amit az újkori fizika éppoly alapvető tételének kell tekintenünk, mint akár *Dalton* vagy *Avogadro* tételét a kémiában — *az energia legkisebb adagja* (energiakvantum, e) *egy univerzális, ú. n. Planck-féle állandó és a kilövell fény frekvenciájának* (rezgésszámának) *szorzatával egyenlő*: $e=h\nu$. (Kiegészítésül: A *Planck-féle* állandó értéke $6.55 \cdot 10^{-27}$ erg. sec, a frekvencia a fény terjedési sebességének és a fény hullámhosszának a hányadosa.) A $h\nu$ szorzat által kifejezett energiaadagot a kilövellt *foton* energiájának is mondjuk.

Az elméleti fizika korszakalkotó teljesítménye volt már most az, hogy az elemek spektrumából, vagyis a kilövellt fénysugarak hullámhosszából vissza tudott következtetni a keringő elektronok elhelyezésére. Az eredmény röviden — és bizonyos mértékig stilizáltan — az, hogy a keringő elektronok különböző átmérőjű gömb-, illetőleg ellipszoidfelületeken, ú. n. elektronhéjakon, mozognak. Egy-egy elektronhéjon azonban csak meghatározott számú elektron helyezhető el. A legbelsőn csupán 2, az utána következő nagyobb átmérőjű héjon 8, a rákövetkező külsőbb héjon ismét 8, stb. Gondoljunk most vissza arra, hogy a periódusos rendszerben fokozatosan haladva a magasabb atomsúlyú elemek felé, az atommagok pozitív töltései-

nck száma 1—1 egységgel emelkedik. Természetesen vele együtt emelkedik a keringő elektronok száma is, hiszen a semleges atomban a magtöltések száma megegyező az elektronok számával. Néhány, egymásután következő elem egyes elektronhéjain mozgó elektronok számáról a következő összeállítás világosít fel:

Az elem rendszáma és neve	Elektronok száma a			
	legbelső	külsőbb	külsőbb	külsőbb
	elektronhéjon			
9 Fluor	2	7	—	—
10 Neon (nemes gáz)	2	8	—	—
11 Nátrium	2	8	1	—
12 Magnézium	2	8	2	—
13 Alumínium	2	8	3	—
14 Szilícium	2	8	4	—
15 Foszfor	2	8	5	—
16 Kén	2	8	6	—
17 Klór	2	8	7	—
18 Argon (nemes gáz)	2	8	8	—
19 Kálium	2	8	8	1
20 Cézium	2	8	8	2

Az összeállításban szereplő két nemes gáznál, a neonnál és az argonnál a legkülső elektronhéj éppen „megtelt“. Új elektronhéj mindig a nemes gázokat követő elemnél kezdődik (pl. a nátriumnál, illetőleg a káliumnál).

Nevezetes már most, hogy a *nemesgáz-konfiguráció a legstabilisabb*. Azok az atomok, melyekben 1, 2, 3 vagy 4 elektronnal több van, mint az előttük álló nemes gáz atomjában (Na, Mg, Al, Si), hajlamosok arra, hogy ezt az 1, 2, 3, illetőleg 4 elektront *elveszítsék* és azok az atomok, melyekben 1, 2, 3, illetőleg 4 elektronnal kevesebb van, mint az utánuk következő nemes gázében (Cl, S, P, Si), hajlamosak arra, hogy *szerezzenek* 1, 2, 3, illetőleg 4 elektront. *Mindkét „törekvés“ oda irányul, hogy elektronkonfigurációjuk a hozzájuk legközelebb eső nemes gázéval egyező, vagyis stabilis legyen.*

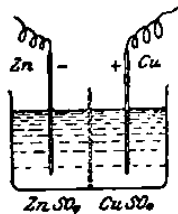
A legutóbb elmondottak egycsapásra világot vetnek a kémiai erők, a vegyérték, az elektrolitos disszociáció és az ióntöltés korábban oly misztikus

problémájára: Amikor a nátrium és klór oly hevesen egyesül, tulajdonképen az történik, hogy a nátriumatomok 1—1 elektront vesztenek és a klóratomok ezeket az elektronokat megkapják. Innen van, hogy — vizes oldatban — a nátriumionok 1—1 pozitív, a klóriónok pedig 1—1 negatív töltést viselnek; mert a nátriumionok magja 11 pozitív töltéssel van ellátva, de az ionnak csak 10 elektrona van, viszont a klóriónok magjában 17 a pozitív töltések száma, de a keringő elektronok száma 18. A magnéziumatom azért kétvegyértékű, vagyis azért tud két klóratomot megkötni, mert két elektront tud átadni s így két klóratomot képes 1—1 elektronnal kielégíteni. Hasonló oknál fogva háromvegyértékű az alumínium, illetőleg négyvegyértékű a szilícium. Másfelől — míg a klóratomok csak 1—1 elektront igényelnek, hogy nemesgázkonfigurációhoz jussanak — addig a kén, foszfor, illetőleg szilíciumatomoknak ebből a célból 2, 3, illetőleg 4 elektrorra van szükségük. Ezért van, hogy ezek az atomok 2, 3, illetőleg 4 vegyértékűek. Hasonlóan lehet értelmezni, hogy miért egyesül sok elem két-két atomja molekulává. (Igen sok elemi gáz molekulái — mint már említettük — 2—2 atomból állanak.) Azért van ez, mert a 2—2 atomból álló konfiguráció stabilisabb, vagyis közelebb áll a nemesgáz-konfigurációhoz, mint ha az egyes atomok külön volnának.

Míndezekhez azonban hozzáfűzzük, hogy a több atomból álló vegyületek elektronelmélete és molekulafizikája még csak most van kialakulóban. Olyan feladat ez, melynek megoldása igen hosszú időre ellátja az elméleti fizikusokat munkával. Ha azonban ezt a munkát egykoron minden részletében kidolgozzák, ez a kémiai tudomány mai alakjának teljes átalakulását fogja jelenteni. Mert szükségképen *mindinkább ki fog szorulni a kémiai kutatás empirikus, experimentális eleme, ami mai kutatásoknál oly lényeges szerepet játszik, hogy helyet adjon az elméleti számításoknak. Ezek majd eleve lehetővé fogják tenni annak megállapítását, hogy valamely reakció lefolyására számíthatunk-e és hogy a keletkezendő termék milyen fizikai és kémiai tulajdonságokat fog mutatni.* Ez az idő persze igen messze van, a mai generáció szempontjából elérhetetlenül messze, különösen, ha az organikus kémiai kutatás és főként az élő szervezetek kemizmusának beláthatatlanul változatos lehetőségeire gondolunk.

Az atomok szerkezete kapcsán térjünk ki még befejezésül a galván-elemek működésének kérdésére. Ezeknek legáltalánosabb típusa két fém-

ből áll, melyek saját sóik oldatával érintkeznek. A mellékelt 5. rajzon ábrázolt Daniell-elemnél például a cink és a réz ez a két elem. Működésének



5. ábra.
Daniell-elem.

megértéséhez azt kell tudni, hogy a két fém egyikének (esetünkben a cinknek) nagyobb a törekvése arra, hogy ión alakban bejusson az oldatba, mint a másiknak (esetünkben a réznek). Az oldatbajutás *ión alakban* (Zn^{++}) történvén, ez annyit jelent, hogy a cinkatomok 2—2 elektronjukat otthagyják a fémben — a cinkatomok ezáltal jutnak nemesgáz-konfigurációhoz —, minek következtében a fémes cink negatív elektromos töltésű

lesz. Ha már most a két fémes elektródot vezetővel összekötjük, így a rézre is átjut a negatív elektromos felveszik a cinkelektódtól jövő elektronokat és így magukat komplett rézatomokká egészítik ki. Ez viszont annyit jelent, hogy a rézelektrodra fémes réz válik ki a rézszulfátoldatból. A vezetődróton tehát az oldatbamenő cinkatomok elhagyott elektronjai áramlanak a rézelektrod felé.

Mint ez az egyszerű példa is mutatja, az atomszerkezetelmélet világos magyarázatát képes adni a galvánelemekben lefolyó tényleges reakcióknak, melyek korábban éppoly kevésbé voltak értelmezhetőek, mint a kémiai affinitással és vegyértékkel kapcsolatos jelenségek. Itt említjük meg, hogy az akkumulátorok is a galván elemek közé tartoznak. Ezekben előbb kémiai energiává alakítjuk az elektromos energiát, majd pedig a kémiai változást használjuk áram termelésére.

A röntgensugarak tudvalévőén azáltal keletkeznek, hogy katódsugarak, tehát nagy sebességű negatív elektronok a röntgensőben elhelyezett szilárd testre, az ú. n. antikatódra ütköznek. A kilövelt sugárzás természetét *Laue* kísérlete alapján (1912) ismertük meg, melynek lényege az volt, hogy a röntgensugarak kristályokon áthaladva interferenciás jelenségeket mutatnak. Ez egyrészt a sugárzás hullámtermészetét igazolta, másrészt a hullámhossz megállapítását is lehetővé tette. *W. H.* és *W. L. Bragg* (apa és fiú) röntgenspektroszkópjával végzett kísérletek arra az eredményre vezettek, hogy a *röntgensugárzás* igen különböző hullámhosszú sugarakból tevődik ugyan össze, azonban bizonyos, *meghatározott* hullámhosszú sugarak túlsúlyban vannak és ezek a röntgenlámpa fényének spektrumában mint feltűnően erős spektrumvonalak jelentkeznek. *Moseley* már most megállapí-

tóttá (1913), hogy ezeknek az intenzív sugaraknak hullámhossza és a röntgenső antikatódjául alkalmazott elem atommagtöltése (tehát rendszáma) között egyszerű összefüggés áll fenn, ami lehetővé teszi, hogy az előbbi észlelése által az utóbbi meghatározható legyen. Ezek a vizsgálatok döntötték el végérvényesen, hogy a hidrogén és uránium között *csak* 92 elem egzisztálhat. (A hidrogén rendszáma 1. az urániumé 92.)

A röntgensugarak spektroszkópiája másfelől a kristályok szerkezetének szabatos megállapítását is lehetségessé tette. Az ezzel kapcsolatos fizikai és geometriai megfontolások részletezésébe itt nem bocsátkozhatunk.

*

A fizikai-kémiai kutatás egy másik, sok tekintetben független iránya a *kolloid rendszerek tanulmányozása*. Akkor beszélünk ilyenekről, midőn valamely homogén közegben (gázban, vagy folyadékban) finom eloszlású részecskék lebegnek, melyek kisebbek, semhogy mikroszkóppal megfigyelhetők lennének. Tudnunk kell, hogy a mikroszkópos látás határa csak néhány tized mikronig terjed (1 mikron = $\frac{1}{1000}$ milliméter), viszont a molekulák dimenziója kereken ezerszer kisebb. Ha már most a különálló részecskék nagysága e két határ közé esik, kolloid rendszerrel beszélünk. Ezek a részecskék rendszerint sok atomból, illetőleg molekulákból álló halmazatok, „óriásmolekulák“, melyeknek jelenlétét az ultramikroszkóp segítségével szemünkkel megfigyelhetjük ugyan, de alakjukról így tudomást nem szerezhethetünk. Az ultramikroszkópos megfigyelésnek az az alapja, hogy a kolloid rendszert *oldalról* igen erősen megvilágítjuk és sötét szobában *felülről* mikroszkóppal vizsgáljuk. Ily módon csakis az a fény juthat a mikroszkópba s a szemünkbe, mely a kolloid részecskék felületéről reflektálódik. A részecskék szünet nélkül való mozgásáról győződhetünk meg ilyen vizsgálatnál (Broiwn-féle mozgás), mely lényegileg semmiben sem különbözik a közönséges gáz- vagy folyadékmolekulák ú. n. hőmozgásától.

A kolloid rendszerek magatartását illetőleg távolról sem lehet oly világosan áttekinthető és főként egységes magyarázatokat adni, mint amilyenekről korábbi tárgyalásainkban volt szó. Részben olyan sajátságokat mutatnak ezek, melyek átmenetieknek mondhatók egyrészt az egyszerű molekuláris szerkezetű anyagok, másrészt a durva eloszlású emulziók vagy szuszpenziók között. Vannak azonban olyan tulajdonságaik is, melyek különlegesen, vagy amelyek különösen feltűnő nagy mérvben éppen a kolloid rendszereknél érvényesülnek. *Annak, hogy a kolloid részecskék nem tömörülnek és nem válnak külön sűrűségüknek megfelelően a folyadék fene-*

kén vagy annak felszínén, több oka van. Egyik a részecskék most említett Brown-féle mozgása, vagyis lényegileg ugyanaz az ok, mely például meggátolja, hogy a levegőt alkotó molekulák a nehézségi erő hatása alatt a földre hulljanak. A másik az, hogy a részecskéknek rendszerint elektromos töltésük van, ami miatt a részecskék taszító hatást fejtenek ki egymásra. Az elektromos töltés általában onnan ered, hogy a folyadékban foglalt ionok közül vagy a pozitív vagy a negatív töltésűek adszorbeálódnak (tapadnak) nagyobb mértékben a részecskék felületére. Az adszorpció jelensége egyebekben is igen nagy szerepet játszik a kolloid rendszereknél, mert ez felületi hatás és — mivel a részecskék igen kicsinyek — ezeknek tömegükhöz képest aránytalanul nagy a felületük. A részecskék felületi feszültsége, különösen ha folyadék-részecskékről van szó, egybeolvasztani, tömöríteni iparkodik azokat, ha a hőmozgás és különösen a részecskék elektromos töltése vagy a részecskék felületén adszorbeálódott réteg ezt (mechanikailag) megakadályozni nem képes.

Különösen az organikus kolloid rendszereknek (például fehérjéknek) és a velük rokon kocsonyaállományú rendszereknek (géleknek) van nagy jelentőségük és pedig elsősorban biológiai szempontból, mert az élő szervezetek működése ilyen rendszerekben folyik le.

Eddigelé nagy általánosságban foglalkoztunk az elemekkel és a szerzetlen anyagokkal. Cikkünknek ebben a második felében soravesszük a fontosabb elemeket és szerzetlen vegyületeket, hogy ezeknek a művelődés és technika szempontjából való jelentőségét és a velük kapcsolatosan felmerült különleges problémákat rövid vonásokkal jellemezzük. Célszerűen a periódusos rendszer függőleges oszlopai szerint haladunk ennél a tárgyalásnál, mert ezekben vannak együtt a rokonviselkedésű elemek.

Mondanivalónkat az őselemnek nevezhető *hidrogénnel*, a legkisebb atómsúlyú, legkisebb sűrűségű gázzal *kezdjük*. A kicsiny sűrűség természetesen léghajótöltésre predesztinálja a hidrogént, gyúlékonysága azonban igen nagy hátrány. Elektrolízis útján, vagy a vízgázból (szénoxid és hidrogén keveréke) készítik a kémiai ipar, főként a *Haber-féle* ammóniaszintézis céljaira. Arról már volt szó, hogy *a hidrogénnek három izotópja van, melyeknek kerek számban 1, 2, illetőleg 3 az atómsúlya. A természetben vízalakban, vagy bármilyen más vegyület alakjában található hidrogén mindenkor keveréke ennek a három izotópnak. Közülük a*

3-as atómsúlyúnak kevéssé ismerjük a tulajdonságait, mert mennyisége a közönséges hidrogénben kicsiny (tízmilliomod százalék), azonban a 2-es atómsúlyúnak százalékos mennyisége nem elenyésző (002%). Ez az a hidrogénizotóp, melyet *deutériumnak*, vagy nehéz hidrogénnek szokás nevezni. Oxigénnel képezett vegyületét *nehéz víznek* mondjuk. A *nehéz hidrogént a közönséges víz óvatos és sokszoros elektrolízise és diffúziós eljárások útján állítják elő*, illetőleg különítik el a közönséges hidrogéntől. A nehéz víz sűrűsége 10%-kal nagyobb, mint a közönséges vízé, fagyáspontja $+3'82\text{ C}^\circ$, forráspontja $101'42\text{ C}^\circ$. Kémiai tulajdonságok dolgában is vannak egynémely fokozati eltérések a közönséges vízhez képest. Tiszta nehéz vízben az élő szervezetek elpusztulnak, vagy legalább is igen hátrányos a hatás. Erősen hígított állapotban azonban előnyös, vagy hátrányos befolyást nem lehetett kimutatni.

A tiszta víz nagyon kevéssé ugyan, de vezeti az elektromosságot, ami onnan van, hogy a víz csekély mértékben hidrogén- és hidroxiliónokra van felbomolva ($\text{E} \sim \text{L H}^+ + \text{OH}^-$). A tiszta vízben a hidrogén- és hidroxiliókok száma egyenlő. A bomlás csekély mértékét mutatja, hogy 1 liter vízben mindössze tízmilliomod gramm (10^{-7} grammatom) hidrogéniónt foglaltatik. A hidrogén- és hidroxiliókok, mint azt a fenti egyenlet kettős nyila mutatja, *egyensúlyban* vannak, ami annyit jelent, hogy koncentrációik szorzata mindig állandó. (Ezt az állandót, melynek értéke 10^{-14} -el egyenlő, a víz *disszociációs* szorzatának nevezzük.) Ha valamely oldatban nagyobb a hidrogéniókok koncentrációja, mint a tiszta vízben, az illető oldatot savanyúnak mondjuk, ellenkező esetben az oldat *lúgos*. A tiszta vizet *neutrálisnak* mondjuk, mert ebben a hidrogén- és hidroxiliókok koncentrációja megegyező. A *hidrogéniókoncentráció értékének kifejezésére az ú. n. hidrogénexponens (p_{H}) szolgál. Ez a hidrogéniókoncentráció logaritmusának negatív értéke. Nagysága tiszta víznél 7-el egyenlő. Ha valamely oldatban a hidrogéniókok koncentrációja 10-szer, 100-szor, 1000-szer, sfb. nagyobb, mint a tiszta vízben, annak p_{H} -ja rendre 6, 5, 4, stb. Ha pedig a hidrogéniókoncentráció 10-szer, 100-szor, 1000-szer stb. kisebb, mint a tiszta vízben, a p_{H} értéke rendre 8, 9, 10, stb. Az oldatok hidrogéniókoncentrációja igen nagy szerepet játszik az élő szervezetek működésénél. Pl. az emberi szervezet makacsul ragaszkodik a 7-es p_{H} -hoz, vagyis a neutrális reakcióhoz és ha ezt — savval vagy lúggal — erőszakosan megváltoztatjuk, súlyos zavarok lépnek fel a szervezetben. A növényi szervezetek, erjesztők, baktériumok ezenfelül pedig számos kémiai reakció igen érzékeny az oldat p_{H} .*

jára és így ennek megállapítására a kémikusnak, fiziológusnak, biológusnak, bakteriológusnak, sőt az agrogeológusnak is sokszor van szüksége. A meghatározás elektrométeres, vagy pedig az ú. n. indikátoros módszer segítségével történik.

A 0-adik függőleges oszlopban szereplő ú. n. *nemes gázokat* (He, Ne, A, Kr, X, Em), mint már említettük, azt jellemzi, hogy ezek sem egymással, sem más elemekkel nem vegyülnek, tehát teljesen passzív magatartásúak. Legtöbbjének a levegő a fő lelőhelye. Egy köbméter levegő 5 cm³ héliumot, 15 cm³ neont, 9 liter argont, 1 cm³ kriptont és 0,1 cm³ xenont tartalmaz. A hélium ezenfelül Amerika némely gázforrásában található aránylag jelentékeny mennyiségben. Az emanáció, mint láttuk, radioaktív. Hosszú ideig nem volt gyakorlati hasznuk a nemes gázoknak, most azonban több tekintetben rájuk szorulunk. *Mai izzólámpáink „gáztöltésűek“* és pedig legáltalánosabban *argont* tartalmaznak. Legújabbban a jóval nehezebben nyerhető és drágább *kriptont* is kitűnő eredménnyel alkalmazzák erre a célra. Az argon, de főként a kripton jelenlétében az *izzólámpa wolfrám-szálát sokkal magasabb hőmérsékletre lehet az elektromos árammal felhevíteni*, mint más gázokban, vagy vákuumban. Ez gyakorlatilag azért fontos, mert így az elektromos energiának viszonylagosan nagyobb törtrésze alakul fényenergiává, más szóval kisebb törtrésze megy veszendőbe hőenergia alakjában. A *neon* többnyire héliummal keverve kisülési csövekben főként, mint reklám-világító-eszköz mind kiterjedtebb alkalmazást talál. A *hélium* nagy szolgálatot tehetne, mint a *léghajók töltésére* szolgáló gáz, ha nagyobb mennyiségben volna található, vagyis nem volna igen drága erre a célra. Sűrűsége ugyan kétszer akkora, mint a legkisebb sűrűségű gázé, a hidrogéné, de rendkívüli előnye, hogy nem gyúlékony. Fontos szerepet játszik a cseppfolyósított hélium az extrém alacsony hőmérsékletek előállításánál, aminek a tudományos kutatásokban van nagy jelentősége. Segítségével *az abszolút zérus fokot (—273,2 C) néhány század Celsius fokkal sikerült már megközelíteni*. Az *emanációt* csekély mennyiségben az uránium- és tóriumércekkel kapcsolatosan, mint radioaktív bomlásterméket találjuk. Mint ilyen, ásványvizekben is található (pl. a budai hőforrások némelyikében) és jelenlétének gyógyhatást tulajdonítanak.

Az *alkáli-fémek* (Li, Na, K, Rb, Cs) közül a *nátrium* gyakorlati jelentősége a legnagyobb. (Magukat ezeket a fémeket a kémiai ipar csak mint közbeneső anyagokat alkalmazza.) A *nátriumklorid (konyhasó)* a ter-

mészetben mérhetetlen mennyiségben áll az emberiség rendelkezésére a a kősótelepeken és a tenger vizében, mely utóbbinak csaknem 3%-a konyhasó. Az ember és állat közvetlenül étkezési célra használja, de igen sokat fogyaszt belőle a kémiai ipar. Belőle állítják elő a glaubersót (nátriumszulfát), szódat (nátriumkarbonát), marólúgot (nátriumhidroxid) és a klórt, melyet a kémiai ipar viszont ezernyi célra alkalmaz. A nátrumnitrátról, mely a chilei salétrom legfontosabb része, a nitrogén vegyületei kapcsán fogunk szólni. A nátriumbromid és nátriumjodid a gyógyszerészetben fontos anyagok. A kálium és vegyületei oly nagy mértékben hasonlítanak a nátriumhoz, illetőleg a megfelelő nátriumvegyületekhez, hogy számtalan kémiai műveletnél egyik a másikat egyszerűen helyettesíteni tudja. Egy igen lényeges pont van azonban, ahol semmiesetre sem helyettesíthetik a nátriumvegyületek a káliumvegyületeket és ez a növények igényeinek kielégítése. *A növényi szervezeteknek fejlődésükhöz okvetlenül szükségük van vízben oldható káliumvegyületekre, és ezeket a megfelelő nátriumvegyületek semmikép sem pótolhatják.* Ez annál szomorúbb, mert oldható káliumvegyületekkel Földünk távolról sincs oly bőségesen ellátva, mint nátriumvegyületekkel. A tenger-vízben csak csekély mennyiség foglaltatik belőlük és e tengerek beszáradása útján létrejött sótelepek közül úgylátszik egyedül a stassfurti oly szerencsés, hogy kálisórétegei vannak. Ezek látják el káliműtrágyával a világ intenzíven dolgozó mezőgazdaságát. A világháború előtt Hazánkban, Erdélyben is megindult a kálisókeresés, mely csakis azért nem végződött merőben eredménytelenül, mert ezúttal találták a kissármási csodás gazdagságú földgázforrásokat. A növényzet organikus sók alakjában halmozza fel testében a káliumvegyületeket. A növényzet elégetésekor ezekből káliumkarbonát (hamuzsír) lesz, melyet könnyű szerrel lehet a hamuból elkülöníteni. A cukorrépában összegyűlt káliumvegyületek javarészt a cukorszörpbe (melasz) jutnak. Ha ezekből szeszt készítünk, és az ú. n. szeszmoslékot elégetjük — mint azt melasz-szeszgyáraink közül a jól felszereltek teszik — a nyert hamuból hamuzsír termelhető. A káliumnitrát a puskapor fontos alkotórésze.

Az 1. számú függőleges oszlop kissé jobbratolt elemei (Cu, Ag, Au) nem hasonlítanak az alkálifémekhez. Köztük a réz különösen az elektrotechnikai ipar szempontjából fontos, mert *(az ezüst után) ez a legjobb vezetője az elektromosságnak.* Elektromos vezetőkeink úgyszólván teljesen tiszta rézből készülnek. *Cinkkel képezett ötvözete, a sárgaré, és ónnal képezett ötvözete, a bronz,* sok célra előnyösen használható. Vegyületei közül a rézsulfát (réz-

gálic, kékkő) a mezőgazdaság nélkülözhetetlen növényvédő szere. Az *ezüst* gyakorlati hasznát szinte felesleges tárgyalnunk (pénzek, evőeszközök, dísz tárgyak). Vegyületeinek némelyike a fényképezésben nélkülözhetetlen és a gyógyászatban becses. A fém *aranyról* nagyrészen ugyanazt mondhatjuk, mint a fém ezüstről.

A *kalcium-csoport elemeinek* (Ca, Sr, Ba, Ra) legfontosabbika a felsoroltak közt a legelső, a kalcium. Ez fordul elő a természetben legnagyobb mennyiségben. A mérhetetlen mennyiségben rendelkezésre álló *mész* (*kalciumkarbonát*) nagy szolgálatokat tesz, mint építő és útépitő anyag, sőt mint kémiai nyersanyag is (pl. a szulfitcellulóze gyártásban). Finom por alakjában szikes területeink termővé tételében volna nagy jelentősége, ha ez az eljárás nem lenne aránylag költséges. Mint márvány az építő- és szobrászművészet keresett anyaga. *A mész* *kőből készített égetett mész és oltott mész* jelentősége az építőiparban közismert, de ezeket az anyagokat a kémiai ipar is kiterjedten alkalmazza. (Az égetett és oltott mész a legolcsóbb bázis.) *A gipsz* (kalciumszulfát) ismert előnyös tulajdonságai folytán az építőiparban mindig talált magának érvényesülési területet. A *kalciumfoszfátok* foszfortartalmuknál fogva a növényi szervezet fejlődése szempontjából elsőrendű jelentőségűek és ezért *mint műtrágyaanyagok* az intenzív mezőgazdaságban nem nélkülözhetők. *A természet Európát mostohán látta el ilyen ásványokkal (foszforit, apatit), tengerentúli behozatalra vagyunk utalva.* (A 'vasművek által melléktermékként forgalomba hozott, ugyancsak kalciumfoszfát-tartalmú ú. n. *Thomas-salak* mennyisége a szükséglethez képest aránylag elenyésző.) Az ásvány alakjában található kalciumfoszfátokat nem alkalmazzák közvetlenül műtrágyául, mert nem oldódnak vízben. Ezért ezeket az anyagokat előbb kénsavval oldhatóvá teszik. (Szuperfoszfát.)

Az állati és emberi szervezet foszfor-szükségletét — mely a csontok főalkatrésze — növényi táplálékaiból fedezi.

A kalciumszilikát és nátriumszilikát keveréke szabad kovasavval (SiO_2) együttesen kitűnő tulajdonságú anyagot, *üveget*, szolgáltat. Átlátszósága, vízben való oldhatatlansága, tisztíthatósága és főként az a körülmény, hogy öntés, fűvés és merítés útján aránylag könnyen megmunkálható, egész rendkívüli jelentőséget adott és ad az üvegnek az emberi kultúrában. A legközönségesebb értelemben vett, nátrium-kalcium-szilikátból álló üvegek összetételét igen sokféleképpen variálhatjuk azáltal, hogy a nátriumszilikátot részben káliumszilikáttal, a kalciumszilikátot részben alumínium-, bárium-, mag-

nézium-, cink- vagy ólomszilikáttal, illetőleg ezek keverékével, a kovasavat pedig részben bórsavval vagy foszforsavval helyettesítjük. így a szerint, hogy mi az üveg rendeltetése és mik az igények (keménység, olvadáspont, fénytörőképeség, állandóság kémiai hatásokkal, vagy hirtelen hőmérséklet-változásokkal szemben, stb.) a legalkalmasabb összetételt választhatjuk ki.

A *stronciumnak* és vegyületeinek nincs különösebb gyakorlati jelentősége. A *báriumvegyületek* legfontosabbika a *báriumklorid*, mely a répbogarak elleni küzdelemben tesz becses szolgálatot, mint permetezőszer. Kár, hogy mérgező hatása folytán sokszor vált szerencsétlenségek (mérgezések) okozójává. A *bárium-szulfát* oldhatatlansága folytán nem mérgező, a béltraktus vizsgálatánál használják a röntgenológusok. A *rádium* jelentőségéről korábban sokat elmondottunk. Ezen a helyen megemlítjük, hogy korábban legfontosabb lelőhelyeül a csehországi Joachimstalt tartottuk, hol az ú. n. uránszurokérc jelentékeny mennyiségben fordul elő, előbb részletesen letárgyalt bomlástermékeivel, köztük a rádiummal, egyetemben. Ezekből az ércekből állította elő 1906-ban a Curze-házaspár a rádiumot. Utóbb Amerikában, legutóbb pedig a belga Kongóban bukkantak aránylag gazdagabb uránérctelepekre. Manapság ez az utóbbi forrás szolgáltatja a termelt rádium legnagyobb részét. Tudományos kutatásokon kívül legfőbb szerepe a gyógyításban van, főként a rákos daganatok gyógyításában. Aránylag magas ára (grammonként mostanság kb. 150.000 pengő) gátolja ilyen irányú kiterjedtebb alkalmazását. (Eredményes és rendszeres klinikai kezelésekhöz legalább néhány tizedgrammos rádiumkészletre van szükség). Izotópjai közül a tórium-családfához tartozó mezotóriumot is használják orvosi célra, mely lényegesen olcsóbb bár, de felezési ideje kicsiny (6.7 év).

A *magnéziumcsoport elemei* közül (Bé, Mg, Zn, Cd) a *berilliumnak* és *kadmiumnak* kevés szerep jut a gyakorlatban. A *magnézium* — mint könnyű fém — az ugyancsak könnyű alumíniummal ötvözve a repülőtechnikában játszik jelentős szerepet. Vegyületei a természetben gyakoriak és sokszor a kalciumvegyületeket kísérik. Például a hegyláncokat alkotó dolomitban. A magnéziumkarbonátból (magnezit) égetés útján nyert *magnéziumoxid tűzálló berendezések készítésére szolgál*. A *magnézium-szulfát* a *keserűvizek* legfontosabb hatékony alkatrésze. Az elemi, *fémes cinket*, mint a levegőnek és víznek gyakorlatilag jól ellenálló fémet sűrűn használjuk a gyakorlatban (esőcsatornák, cinkbádogtárgyak). ötvözetei közül a sárgaréz a legfontosabb. Vegyületei közül pedig a *cinkfehér* néven ismert festék (ZnO) becses. Ez, továbbá némelyik sója orvosi célra is előnyösen használható.

A periódusos rendszer ugyanebben a függőleges oszlopában szereplő *higany* éppenséggel nem hasonlít a magnéziumcsoport említett elemeihez. Ez az *egyetlen fém, mely közönséges hőmérsékleten folyékony*. Részből ezért, részben pedig mert levegővel vagy vízzel érintkezve gyakorlatilag állandó, a fizikai és kémiai laboratóriumokban szinte nélkülözhetetlen. *Vegyületei* legnagyobb részben súlyosan mérgező hatásúak, de *megfelelő adagokban kitűnő gyógyító, illetőleg fertőtlenítő hatást* (szublimát) *fejthetnek ki*. A vérbaj elleni küzdelem ősi, nélkülözhetetlen gyógyszere úgy maga az elemi higany (higanykenőcs), mint pedig — célszerűbben — egyes vegyületei.

A periódusos rendszer 3. függőleges oszlopába tartozó elemek közül gyakorlati alkalmazása csak háromnak van, *a bórnak, alumíniumnak és ceriumnak*.

A *bőr* vegyületeit a gyakorlatban gyógyszerül, esetleg konzerválószerként alkalmazzák antiszeptikus hatásuknál fogva, de — mint már említettük — egynémely üvegtípus előállításánál is alkalmazzák bőrvegyületeket. Némely perbórsav-készítményt mosó-, illetőleg fehéritőszerül alkalmazzák.

Az *alumínium* a technika legbecsesebb könnyű fémje; sűrűsége 2'7, vagyis kereken csak harmadrész akkora, mint a vasé. Ezért a repülőtechnikában különösen fontos alkalmazást talál az alumínium, illetőleg ennek ötvözetei. Szélesebb körű használatának egyik legfőbb akadály az, hogy előállítása más fémekéhez, például a vaséhoz képest körülményes és így aránylag drága. A természetben található alumíniumvegyületek legtöbbje (agyag, földpát), nem alkalmas az alumínium gyártására. Ebből a célból alumíniumoxidra van szükség, melyből azonban nem lehet az alumíniumot más fémek, például a vas módjára kohászati úton kinyerni, hanem csakis elektrolízis segítségével. Nyersanyagul általában a *bauxit* szolgál, *mely rendszerint vastartalmú*. Felhasználás előtt ezt az anyagot vastalanítani kell, mert ennek jelenléte a nyert alumínium tulajdonságait hátrányosan befolyásolja. A természetben található alumíniumvegyületek közt nevezetes a *földpát*, mely tisztán, vagy még inkább mint közetalkotó ásvány más anyagokkal együtt található. *A földpát természetes elmállása útján keletkezik a kaolin* vagy porcellánföld (alumíniumhidroszilikát), miközben káliumvegyületek oldódnak ki belőle. (Ezek a növényi szervezet fejlődése szempontjából — mint említettük — igen fontosak.) *Ha a kaolint égetjük*, kémiaiilag kötött vizét elveszti és megkeményedik, *igen magas hőmérsékleten pedig tömör, likacsoktól mentes, áttetsző anyaggá, porcellánná lesz*. A porcellánt

mázzal vonják be, hogy felülete sima, könnyen tisztítható legyen. A máz kaolin és földpát keverékéből készül. Ha a természetben képződött kaolint a víz elhordta és közben más anyagokkal (mész, kvarc) keverve ismét lerakta, *agyaggal* van dolgunk. Ebből készülnek égetés útján a cserép- és tégláaruk. *Az agyag és mész keverékéből (márga) égetés útján készül a cement.* Ha a márga e két anyagot nem a kívánt arányban tartalmazza, mesterségesen kell az arányt megváltoztatni. A kiégetett anyag finoman porítva azzal a közismert tulajdonsággal bír, hogy vízzel keverve megszilárdul. A sűrű cementhabarcsba homokot vagy kavicsot kevernek; a belőle készítenő építményekbe ezenfelül vasszalakat helyezhetünk el a szilárdság fokozására (beton, vasbeton). *A bauxitból készült cement gyorsabb megszilárdulásáról és nagy szilárdságáról nevezetes.* — Az alumíniumvegyületek közül megemlítjük az alumíniumoxidot, melynek tiszta kristályait drágakövekül használják, (korund, rubin, saphir), tisztátalan tömegei pedig becses csiszolóanyagul szolgálnak (smirgli) nagy keménységük folytán. — A timsó (káliumalumíniumszulfát) a textilipar becses pácanyaga.

A ritka földfémek közé tartozó *cerium* egyik legfontosabb alkalmazása az öngyújtókban használt ú. n. *tűzkő* előállítása. Ez 70% ceriumból és 30% vasból álló ötvözet. Belőle reszeléskor a levegőn eléggő szilánkok válnak le, melyek a benzingőzt meggyújtani képesek. ⁴uer v. *Welsbach-tó* származik e találmány, kinek hervadhatatlan érdemei vannak a ritka földfémek kémiaiájának tudományos felderítésében. *Jellemző találmányának gyakorlati értékére, hogy tűzkövei évi hatmilliárd doboz gyufát helyettesítenek.* (Az évi gyufatermelés kb. 20 milliárd doboz.) — Az ú. n. *Auer* f. gázizzóharisnyák — melyekről később szólunk — ceriumoxidtartalmúak.

A periódusos rendszer harmadik oszlopába tartozó többi elemek, a gallium, indium, tallium, nemkülönben az ugyancsak ide tartozó ritka földfémek ezidőszertig gyakorlatilag oly csekély jelentőségűek, hogy róluk egyenként nem emlékezünk meg.

A negyedik oszlop elemei közül a *germánium*, *zirkonium* és a *Hevesy György* által felfedezett *hafnium* lényegesebb alkalmazást a gyakorlatban nem talált. A többi ide tartozó elemről röviden a következő mondanivalóink vannak. A *szén* a szerves élet legfontosabb eleme, gyémánt, grafit és amorf-szén alakjában közismert. A gyémánt technikai alkalmazása keménységével kapcsolatos (üvegvágás, fúróhegykészítés). A grafit, melyet részben a természetben találnak, részben mesterségesen amorf-szénből állítanak elő, ceruzák, tűzálló tégelyek, ívlámpaszemek és elektródok előállítására szolgál. —

A természetben található amorf-szénfélések legtisztábbja az antracit, fokozatosan kisebb széntartalmú rendre a kőszén, barnaszén, illetőleg a tőzeg (turfa). Az elmúlt évszázad csodás technikai fejlődését alig tudnánk elképzelni ezek nélkül.

A mesterséges amorf-szénfajok közül megemlítjük a *faszenet és kokszt*, melyek különösen a fémkohászatban tesznek kiváló szolgálatokat és a *kormot, mely a nyomdafestékek alapanyaga*. A finom eloszlású szenek, például a faszén avval a sajátsággal bír, hogy gázokat képes megkötni, adszorbeálni. Ha ezt a képességét bizonyos prepalásási eljárásokkal sokszorosra fokozzuk, *aktív szénről* beszélünk. Fontos szerep jut az aktív szénnek a gyógyászatban (orvosi szén), de különösen a gázálcok levegőszűrőinck készítésénél, mert a szénszűrőréteg a legtöbb mérgező gáz és gőz visszatartására alkalmas.

A szénnek, mint vegyületek alkatrészének az a különös sajátsága, hogy rendkívül változatos módon képes más elemekkel vegyülni és a szén atomjai egymással is nagy számmal egyesülhetnek ú. n. szénláncokká, melyek nyíltak vagy zártak lehetnek. Ennek tudható be, hogy sokkal több szénvegyületet ismerünk, mint anorganikus — széntől mentes — vegyületet. (Előbbiek száma kereken 300.000, utóbbiaké 25.000.) A szénvegyületek tárgyalásába itt nem bocsátkozunk, de mégis megemlítjük a *széndioxidot* (CO_2), melyet a mindennapi életből legjobban a szódavíz formájában ismerünk. Ez a gáz könnyen cseppfolyósítható. Ha e folyadékot gyorsan párologtatjuk, hőszerű szilárd széndioxid keletkezik, melyet kockákba préselve mint „száraz jeget” hűtőszerűen lehet használni. E téglák hőmérséklete u. i. a szilárd széndioxid párolgása folytán kereken — $70\text{ }^\circ\text{C}$. Kár, hogy drága volta miatt ilyen irányú alkalmazása — melynek főként az élelmiszerek szállításánál volna jelentősége — nálunk nem tudott elterjedni.

A szénmonoxidnak (CO), mint a generátorgáz és vízgáz alkatrészének nagy a technikai jelentősége. Ez az anyag okozza a világítógáz és az ú. n. széngáz mérgező hatását, melynek oly sok emberélet esett már áldozatul.

Míg a szénnek, mint alkatrésznek, az élő szervezetek kémizmusában van elhatározó jelentősége, a vele bizonyos fokig rokon szilícium az élettelen világban játszik hasonló nagy szerepet. Számos vegyülete közül a *kvarc* a homokok legfőbb alkatrésze, de mint kőzetalkatrész nagy mennyiségben található a vulkáni kőzetekben. Ugyanezt mondhatjuk a kvarc (szilíciumdioxid) származékairól, a szilikátokról is. *A tisztább kvarcfélések az üvegyártás nélkülözhetetlen nyersanyagai.*

A *titán* kisebb gyakorlati alkalmazású, magas olvadáspontú fém. Vas-hoz ötvözve annak szilárdságát növeli. Oxidját újabban fehér festékül használják.

Az *ón* evvel szemben sokoldalú alkalmazást talált, de drága volta miatt lehetőleg más fémekkel helyettesítjük. Staniollpapír, tubus, szifonfej alakjában a gyakorlatilag tiszta ónt a mindennapi életből jól ismerjük, számos ötvözetét — köztük a bronzot és forrasztóönt — a metallurgiában alig lehet nélkülözni. A konzervdobozok ónnal bevont vasbádogból készülnek.

Az *ólom*, melyet legtöbbször $\frac{1}{5}$ rész antimónnal ötvöznek (kemény ólom, betűfém) gyakorlatilag szintén becses fém. Vegyületeinek is nagy hasznát vesszük. A vas rozsdásodása ellen legbecsesebb védekezőeszközünk, a *minium*, nem különben az *ólomfehér* (kremsi fehér) nevén ismert festék az ólomvegyületek közé tartoznak. A szépen csillogó, de könnyen karcosható ólomüveg, a cserépedények máza, nemkülönben több gyógyszer ólomoxid felhasználásával készül. Nagy hátrány az ólomvegyületek mérgező hatása. Akkumulátormunkásokat, nyomdászokat, mázolókat, fazekasokat, stb. körültekintő módon kell óvnunk a sorvasztó ólommérgezéstől.

A *tórium* radioaktív elem, a „tóriumcsaládfa“ legmagasabb atomsúlyú eleme. Legfontosabb gyakorlati alkalmazása az *Auer-féle* gázizzóharisnyák készítésénél van, melyeknek tóriumoxid a legfőbb alkotórésze. A gáz- és villanyvilágítás egykor oly éles versenyében hatalmas előnyt adtak ezek a harisnyák az előbbinek, de az utóbbi véglegesnek látszó győzelmét mégsem tudták megakadályozni.

A *nitrogéncsoport*hoz tartozó elemek (N, P, As, Sb, Bi) mindegyike nagyjelentőségű gyakorlati értelemben. Azonban közülük a legelsőnek, a *nitrogénnek*, különösen *kimagaslik a fontossága és pedig úgy növény- és állatélettani, illetőleg mezőgazdasági és szociális, mint pedig technikai és haditechnikai szempontból*. A dolog így áll: A növényi és állati, illetőleg emberi szervezet legfontosabb élő része, a *protoplaszma*, kémiai értelemben véve fehérje, tehát nitrogéntartalmú vegyület. Ahhoz, hogy az állati és emberi szervezet fehérjekészletét fenntarthassa, többek közt fehérjével kell hogy táplálkozzék. Ezt a fehérje-szükségletet az állati és emberi szervezet a növényekből fedezi. A növények abban az előnyös helyzetben vannak, hogy fehérjeiket *anorganikus* nitrogéntartalmú vegyületekből (nitrátokból, illetőleg ammóniumvegyületekből), melyeket a talajból vesznek fel, képesek előállítani. Lényeges azonban, hogy az elemi nitrogént, mely oly korlátlan mennyiségben áll a levegőben rendelkezésre, a növények nem képesek ilyen

célra értékesíteni. (Eltekintünk itt az ú. n. nitrogényűjtő baktériumok szerepétől, mely nem alárendelt jelentőségű ugyan, de a most kifejtendő probléma lényegét mégis alig érinti.) Ám a termőtalaj általában nincs korlátlan mértékben ellátva anorganikus nitrogénvegyületekkel és így — hogy termőképességét kihasználhassuk — trágya alakjában külön kell ilyenekről gondoskodnunk. A természetes istállótrágya nyilván elégtelen erre a célra, hiszen könnyű elgondolni, hogy termőföldről elvitt termények nitrogénjének így csak csekély törtrészét kaphatja vissza a termőföld. Nitrogénvegyületeket tartalmazó műtrágyára szorul tehát természetszerűen az intenzív mezőgazdaság. Korábban ennek csak két forrása volt: a chilei salétrom és a gázgyárak termelte ammóniumsulfát. A mezőgazdaság folyton nagyobbodó igényeit azonban — mely végeredményben a népesség szaporodása folytán önként értetődő — egyik sem volt képes kielégíteni. Fokozta a nehézségeket “a kémiai ipar, köztük a robbantószeripar és hadiipar ugyancsak növekvő ammónia- és nitrátszükséglete (a békében és háborúban használt robbantószerkezetek úgyszólván mindegyike nitrogéntartalmú) és az, hogy a tengerentúli chilei salétromtelepektől magát minden állam függetleníteni iparkodott. Égető néptáplálási, technikai és hadipróblémává lett tehát oly eljárás kidolgozása, mely lehetővé teszi a levegő nitrogénjének akár ammóniává, akár nitrátokká vagy más vegyületekké való átalakítását. (Ha egyszer a nitrogén kémiaiilag meg van kötve, a nehézség megoldottnak mondható, mert egyik nitrogéntartalmú vegyületből nem nehéz a többit előállítani.) A dolog főnehézségét az elemi nitrogén passzív kémiai magatartása okozta, vagyis az, hogy a nitrogént igen nehéz más elemekkel való vegyülésre bírni. A kémikusok kitartó munkáját végül mégis teljes siker koronázta. *Birkeland* és *Eyde* „levegősalétrom“ — eljárását, mely elektromos ívfényben egyesíti a nitrogént és oxigént, a jóval gazdaságosabb *mész-nitrogén-eljárás* követte — a kalciumkarbid magas hőmérsékleten nitrogént köt meg, mely könnyen ammóniává alakítható — végül pedig *Haber* eljárása, mely utóbbi, mint leg-gazdaságosabb módszer, a jelek szerint végérvényes megoldást jelent. Elvileg egyszerű az eljárás: az elemi nitrogén és hidrogén alkalmas katalizátor jelenlétében, magas nyomáson, magas hőmérsékleten ammóniává (NH_3) egyesíthető. Gyakorlati kivitele céljából azonban igen nehéz technikai akadályokat kellett legyőzni. A világháború folyamán ezek is megoldódtak és ma már egészen általános a *Haber-téle* eljárás alkalmazása, mely bőségesen ellátja a mezőgazdaságot kalciumnitráttartalmú műtrágyával (Péti só), ille-tőleg a kémiai- és hadiipart a szükséges salétromsavval és ammóniával.

A *foszforvegyületek* növény- és állatélettani jelentőségéről a kalcium foszforvegyületei kapcsán (foszforműtrágyák) már megemlékeztünk. Az elemi *foszfor* két módosulata közül a sárga foszfort alacsony gyulladási hőmérséklete gyufakészítésre predesztinálta. Mérgező volta azonban sok bajnak kútforrása lett és ezért a kultúrállamok a sárgafoszforos gyufák készítését eltiltották. Mai gyufáinknál a nem mérgező vörös foszfor játssza a lényeges szerepet, melyet a doboz oldalán látunk alkalmazva. Ennek az ugyancsak jól kialakult gyufatípusnak egyeduralmán nem kis részt ütöttek az ú. n. öngyújtók, melyekről a ritka földfémekkel kapcsolatosan már szólottunk.

Az *arzén* és vegyületei mérgező voltokról hírhedtek a legősibb idők óta. Gyógyító hatásuk jelent ugyan előnyt az emberiség számára (újabban ennek jelentősége nem kevésbé alászállott), de nyilván szomorú eredménnyel járna, ha egybevetnénk, hány emberéletet mentettek meg és hányat oltottak ki az arzénvegyületek. Némi mentségül szolgáljon, hogy újabban kiváló eredménnyel alkalmazza a *mezőgazdaság az arzénvegyületek némelyikét (főként az arzénsavas kalciumot) mint növényvédőszert* pl. az alma- és szőlőmoly, a répabogár stb. elleni küzdelemben.

A fémek közé tartozó *antimont* tiszta állapotban alig alkalmazzák. Ötvözetei közül a 20% antimont tartalmazó kemény ólom a legközönségesebb, melyből pl. a nyomdai betűk készülnek.

A fémek *bizmutot*, mely az antimonnál lényegesen ritkább és drágább, alacsony olvadáspontú ötvözetek előállítására használják. Vegyületeiből gyógyszerek és kozmetikai cikkek készülnek. A bizmutvegyületek újabb időben a vérbaj elleni küzdelemben tesznek kitűnő szolgálatokat az emberiségnek.

Az ötödik függőleges oszlop többi elemeiről a *vanádiumról, nióbiumról, tantálról* és *protaktiniumról* nem emlékezünk meg egyenkint, mert gyakorlati jelentőségük alig van.

Az *oxigéncsoport elemei* (O, S, Se, Te, Po) valamennyien nem-fémek. Köztük az *oxigén*, mint a levegő főalkatrésze, mérhetetlen mennyiségben áll rendelkezésünkre és állandóan táplálja a közönséges értelemben vett égési folyamatokat épúgy, mint a lassú égési folyamatokat, mely utóbbiak közül kétségtelenül legfontosabbak az állati és emberi szervezetben lefolyó átalakulások. Mint iparcikk is forgalomba kerül acélpalackokban komprimálva. Előállítására céljából a levegőt cseppfolyósítják, majd ezt a folyadékot lassan

párologtatják. Előbb a nitrogén, majd az oxigén párolog el. Alkalmazzák a vaskohászatban, a kémiai iparban és az autogénhegesztésnél. Az utóbbi eljárás lényege az, hogy hidrogén- vagy acetilén-lángot oxigénnel táplálnak, miáltal oly magas hőmérsékletű lángot kapunk, hogy ebben a vas, acél könnyen megolvad és így ilyen tárgyak külön forrasztóanyag használata nélkül egybeforraszthatók. Nagy előny, hogy a kicsiny méretű — néhány centiméteres — fuvólángocskával könnyen odaférközhetünk, ahol szükség van rá. Míg a közönséges oxigéngáz molekulái két-két atom oxigénből vannak összetéve, addig az *oxigén allotrop módosulatának, az ozónnak, molekulái három atom oxigénből állanak*. Az ozón *erélyesebb oxidáló anyag, mint a közönséges oxigén és e tulajdonságánál fogva a baktériumokat elpusztítani képes*. Helyenkint gyakorlatilag is felhasználják ezt a tulajdonságát vízvezetékvezetek fertőtlenítésére.

A kén egyike a kémiai ipar legjelentősebb nyersanyagainak. Elemi államost vörösre, a festőrekettyét sárgára, a festőcsülleget kékre, tölgyfalevelet *szénkéneg* (széndiszulfid) nevű folyadék, mely *egyedüli bevált szerünk a szőlő gyökerén élősködő phylloxera ellen*. Finom eloszlású alakban, vagy az ú. n. poliszulfidok alakjában (mészkenlé) azonban gombabetegségek ellen is kitűnő szolgálatokat tesz a növényvédelemben. Az állat- és embergyógyászatban sem csekély a jelentősége (kénvirág, kéntej). Az elemi kén vagy pirít (FeS_2) égetése útján nyert *kéndioxidot* a szulfitcellulózegyárak, textilfehérítők nagy tömegekben használják; jól bevált szer a lovak rühössége ellen. *A kéndioxidból gyártják a kémiai ipar egyik legfontosabb anyagát, a kénsavat* és pedig részben az ú. n. ólomkamraeljárással, részben az ú. n. kontakteljárással. Elsőnél az a lényeg, hogy a kéndioxidot vízgőz jelenlétében nitrogénoxidokkal kénsavvá oxidálják (ezt a műveletet ólomlemezekkel bélelt, nagyterjedelmű ólomkamrákban végzik), a másodiknál pedig elemi oxigénnel történik az oxidáció, finom eloszlású platinakatalizátor jelenlétében.

A természetben aránylag kicsiny mennyiségben található *szelén* gyakorlati alkalmazásától esetleg még sokat várhatunk a ma még gyermekcipőben járó képtáviratozásban, melynél az ú. n. szelénfotocellák alakjában kerül használatra. Azon alapszik ez alkalmazás, hogy *fény hatására változik a szelén elektromos ellenállása*. Az ellenállás változását a felvevőhelyen fényváltozás létesítésére értékesítik. A hatást a felvevőhelyen a kép ugyanazon pontjain kell érvényesíteni, mint a leadóhelyen.

A *tellurt* gyakorlatilag nem használják. A *polóniumnak* a-sugárzása a legfontosabb tulajdonsága, melyről fentebb részletesen szoltunk.

A *hatodik* függőleges oszlop *többi elemei* (Cr, Mo, W, U) fémes tulajdonságúak és magas olvadási pontjukról nevezetesek. A *krómot* tiszta állapótban kevéssé alkalmazzák nagyobb mennyiségben, már csak drága volta miatt is. *Acélhoz ötvözve* (krómacél) *annak tulajdonságait igen előnyösen befolyásolja*. Elektrolitisan más fémekre leválasztva szép fényű, állandó bevonatot ad (krómozás). Vegyületei közül a *krómsárga* néven forgalomba hozott festékek becsesek.

A *molibdén* gyakorlati használata elenyésző. A *wolfrám* azonban, *mint izzólámpáink izzófonala*, ugyancsak általános jelentőségű. Igen magas olvadáspontja predesztinálja erre a szerepre. Nevezetes azonban, hogy éppen c miatt és rideg volta miatt sok nehézséget kellett a technikának legyőzni, hogy a wolfrámból a szükséges vékony fonalak előállítását lehetővé tegye.

Az *urán* (uránium) legfontosabb sajátossága a radioaktív bomlása, melyről részletesen volt már szó.

A *halogén elemek* (F, Cl, Br, J) *mindegyikének* jut szerep a gyakorlatban. Közülök a *fluor a legreakcióképesebb elem*, igen mohón és hevesen egyesül az elemek legtöbbjével. *Hidrogénnel képezett vegyülete* könnyen oldja az üveget és azért *üvegmaratásra használjuk*.

A *klór* elemi állapotában a kémiai ipar fontos nyersanyaga. Elektrolízis útján konyhasóból készül. Klórmeszet és egyéb fehérítő, fertőtlenítő anyagokat készítenek belőle, de organikus vegyületek előállításánál is nagyon fontos szerepet játszik. Heves mérgező hatásánál fogva a világháborúban harci gáznak is használták. Vegyületei közül a sósav (hidrogénklorid) és a konyhasó (nátriumklorid) a legfontosabbak, de más fémek kloridjainak is sokszor vesszük hasznát.

A természetben sokkal kisebb mennyiségben található a *bróm*, mely a klórhoz sok tekintetben igen hasonló, az egyetlen nem fémes elem, mely közönséges hőmérsékleten és nyomáson folyékony. A kémiai és gyógyszeripar veszi hasznát. Több vegyülete becses gyógyszer. Ugyanezt mondhatjuk a még csekélyebb mennyiségben lelhető *jódról* is, melyet alkoholos oldatban elemi állapotban is alkalmaznak gyógyszerül (jódinktúra) fertőtlenítő hatásánál fogva. A jodoform és jódkáli, ezenfelül még mások is, becses gyógyszerek.

A hetedik oszlopba tartozó többi elemek (Mn, Ma, Re) közül csak a mangán szerepel a gyakorlatban. Fémes elem ez, melyet némely acélfajtához

ötvöznek, hogy ezzel az acél tulajdonságait előnyösen befolyásolják. Vegyületei közt is találunk technikailag és gyógyszertanilag becseseket. (Barnakő, káliumhipermanganát.)

A periódusos rendszer utolsó, nyolcadik függőleges oszlopába tartozó elemek közül előbb az egymáshoz sok tekintetben hasonló *vasat, kobaltot és nikkelt* tárgyaljuk. A vas-ról ugyanazt mondhatjuk, amit a szénről, hogy t. i. nélküle alig tudnánk még csak elgondolni is a technika mai fejlettségét. Kémiai szempontból csak annyit emelünk ki, hogy *a kémiailag tiszta vas tulajdonságai távolról sem olyan előnyösek, mint a mindennapi életből jól ismert vasfajtáké*. Elsősorban a széntartalom az, melynek nagyságától a vas olvadáspontja és technikai magatartása függ. A legnagyobb széntartalmú vas — nyersvas vagy öntöttvas — aránylag könnyen olvad és így öntés útján könnyen megmunkálható, de viszont rideg, törékeny. Az igen kicsiny széntartalmú, aránylag lágy, nem rugalmas kovácsvasnak lényegesen magasabb az olvadáspontja, de nem rideg, kovácsolás útján könnyen formálható. A széntartalom tekintetében a két vasfaj közt álló acélt öntés és kovácsolás útján is meg lehet munkálni. Nevezetes ezenfelül, hogy az acélnak a keménységét és rugalmasságát *edzés* útján (hirtelen lehűtés) igen jelentékeny mértékben fokozni lehet. A törékenység másrészt *megegersztéssel* (enyhébb felhevítés) csökkenthető. A szénen kívül idegen fémek (titán, mangán, króm, nikkel, wolfrám, szilícium, foszfor) is lényegesen befolyásolják a vas fizikai és technikai tulajdonságait. A vasfajok számos tulajdonsága közül kiemeljük annak *mágneses viselkedését*, melynek az elektrotechnikában elhatározóan nagy jelentősége van. A rozsdásodás elleni küzdelemben — fájdalom — sokkal kevésbé jutott előre a technika és tudomány, mint a vas egyéb tulajdonságainak nemesítésében. A vas számos vegyületét használjuk a kémiai iparban és gyógyszerészeiben.

A *kobalt* sok tekintetben hasonlít a vashoz, jelentősége mindazonáltal elenyésző, már csak gyér előfordulása miatt is. Gyakorlatilag a kék kobalt-üvegek és kóbaltmázok képezik a legismertebb alkalmazási területet.

A *nikkel* technikailag igen becses tulajdonságú fém, kár, hogy drága volta korlátozza alkalmazását. Magas olvadáspontja, lassú oxidációja, jelentékeny elektromos ellenállása elektrotechnikai berendezések (elektromos ellenállások, fűtődórtok) készítésére teszik alkalmassá, ötvözeteiből (új-ezüst, argentan, alpakka, packfong stb.) ezenfelül használati tárgyakat, váltópénzeket állítanak elő. Vas- és egyéb fémtárgyakat galvános úton nikkellel vonunk be, hogy rozsdásodástól megóvjuk őket.

A még hátralevő hat elem (Ru, Rh, Pd, Os, Ir, Pt) mindegyike ritkán található nemes fém, melyek legtöbbször hígított savakban egyáltalán nem, csak király vízben oldható fel. Tömör állapotban némelyik még királyvízben sem oldható. Az utóbbi három igen magas sűrűségével tűnik ki. (*Az osmium az összes ismert anyagok közül a legnagyobb sűrűségű, sűrűsége 22'5.*) Gyakorlatilag legnagyobb alkalmazási területet a *platina* talált. Mint tűzálló és saválló nemes fém, a laboratóriumi munkáknál sokszor nélkülözhetetlen. Finom eloszlású állapotban kiváló *katalizátor*, melyet kénsavgyártásnál is felhasználunk. Egy emberöltővel ezelőtt, mikor a platina még lényegesen olcsóbb volt az aranyánál (viszont a kerámia és üvegipar lényegesen fejletlenebb volt), a kénsav desztillációjára platinaedényeket használt a nagyipar is. Sokat fogyasztott belőle korábban az izzólámpaipar, azon tulajdonsága alapján, hogy hőkiterjedési együtthatója az üvegével egyenlő és így alkalmas az elektromos vezetéknek az üvegyanyagba való beolvasztására. Drága volta miatt természetesen lehetőleg pótanyagokkal helyettesítik. Azóta viszont az ékszerészek dolgoznak fel belőle fokozatosan nagyobb mennyiségeket.

Az irídiumot igen sokszor a platinához ötvözik.

Az osmiumot magas olvadáspontja miatt *izzólámpák fonalainak* készítésére lehet alkalmazni. Gyakorlatilag azonban az osmiumlámpák használata alárendelt. A *palládiumot* katalizátorul használják a kémikusok.