

## Az anyag szerkezete.

Az E. M. E. 1938. március 6-i közgyűlésén tartott előadás.

Már Krisztus előtt 400 évvel a görög bölcseket nagyban foglalkoztatta az a kérdés, hogy a Mindenség ősanynya egészen tömör, egynemű, folytonos, hézagok és megszakítások nélküli-e, vagy pedig különálló, diszkrét, kis anyagi részecskékből áll-e? Demokritos, Leukippos és Lucretius iskolája azt tanította, hogy az anyag nem összefüggő, tömör, hanem apróbb részekre osztható, de ez az oszthatóság nem folytatható a végtelenségig, hanem ennek határa van és végül is különálló kis részecskékhez jutunk, amelyek tovább már nem oszthatók.

Mai ismereteink szerint is nagyjában ez a nézetünk az anyag mi-voltáról. — Azokat a kis anyagi részecskéket, melyek még oly tulajdon-ságaik, mint az egész tömeg, és amelyeket összetételük megváltozása nélkül tovább nem bonthatunk: *molekuláknak* nevezzük.

Mechanikai úton az anyagot nagyon kis részekre feltudjuk osztani. De finom osztókészülékkel, éles és hegyes gyémánt szilánk segítségével egy üveglemez 1 mm hosszúságú részére ezer párhuzamos vonalat húzhatunk. Ha ezeket ugyanolyan vonalakkal keresztezzük, 1 mm<sup>2</sup> felületen 1 millió kis négyzetet kapunk.\* Nagy számmal léteznek oly apró élő-lények, mint pl. az ázalékállatok (infusoriumok), protozoumok és a baktériumok, melyek egy ezred milliméter két vonala közé elférnek és ezeknek mikroszkópban jól látható tagjaik, szerveik, izmaik és idegeik vannak. Ezek a szervek sejtekből, a sejtek pedig molekulákból állanak. Ha az ilyen sejtben csak 100 molekula volna, akkor is 1 molekulának a mm. ezred-résznél kisebbnek kell lennie. De a molekulák természetesen még ezek-nél is kisebbek és a legnagyobb elérhető nagyításnál sem láthatók.

Ily kicsinységek méréséhez a mm.  $\frac{1}{1000} = 0.001$  részét veszik alapul, amit *mikronnak* ( $\mu$ ) nevezünk és még kisebb méretek méréséhez ennek is  $\frac{1}{1000}$  részét, tehát a mm.  $\frac{1}{1,000,000} = 0.000,001$  részét vesszük, amit *milli-mikronnak* ( $\mu\mu$ ) nevezünk.

\* Az ilyképen elkészített üveglemezt a mikroszkópiában a mikroszkópok feloldó-képességének a megállapítására használjuk.

A legvékonyabb fonál, amit mostanig elő tudtak állítani, a Wollaston-fonál úgy készíthető, hogy vékony platina-fonalat elektromos úton vékony ezüst-réteggel borítanak és azután ezt a fonalat tovább nyújtják, majd az ezüstöt róla salétomsavval leoldják, amikor visszamarad az  $1 \mu$  ( $\frac{1}{1000}$  mm.) átmérőjű alig látható vékony Pt fonál. Ugyanilyen finomságú fonalakat tudnak megolvasztott kvarcból húzással előállítani. Továbbá a kitűnően hengerelhető és kinyújtható aranyból  $0.1 \mu$  vastagságú lemezeket tudnak készíteni. — Még ezeknél is vékonyabbak a szivárvány minden színében pompázó szappanbuborék-hártyák, melyeket azonban sikerült még vékonyabbra kinyújtani, úgy hogy ezek már nem mutatják többé a szép fényinterferencia színeket, hanem feketéknek látszanak és ekkor  $5 \mu\mu$  (0'000,005) vastagok.

Továbbá ha kevés olajat, vagy petróleumot nagy vízfelületre öntünk ki és ez a vízben oldhatatlan folyadék, a víz felületén rendkívül vékony rétegben szélterül, sikerül  $2 \mu\mu$  és  $1.1 \mu\mu$  vastagságú olajréteget előállítani, amint azt *Rayleigh* és *Devaux* kimutatták és kiszámították.

*Oberbeck* platinalemezre elektrolitikus úton réz-, zink-, cadmium-réteget választott le és ezek elektromos feszültségkülönbségét megmérve, az illető fémekre jellemző értékeket talált még akkor is, ha e rétegek vastagsága az  $1-3 \mu\mu$ -nál több nem volt. Pedig ez esetekben legalább 1 molekulányi vastagságuknak kellett lenniük a fémrétegeknek, amiből az következik, hogy e fémek 1 molekulája átmérőjének  $1 \mu\mu$ -nál (1 miliomod mm-nél) kisebbnek kell lennie.

Az ultramikroszkóp segítségével sikerült a kolloid-oldatok és egyáltalán a kolloid-anyagokban szétoszolva, diszpergálva levő kis anyagi részecskéket, a sötét láttérben rávetített erős fénysugárnyaláb segítségével, felvillanásuk útján láthatóvá tenni és ez alapon a nagyságukat meghatározni. Kitűnt, hogy ultramikroszkóppal az  $1 \mu\mu$  átmérőjű kis részecskék, az úgynevezett *submikronok*, még határozottan felcsillannak és ennél fogva a molekulák még ezeknél is kisebbek lesznek. — Ma már tudjuk számos más ily irányú mérésből és számításból, hogy a molekulák néhány tized  $\mu\mu$  átmérőjűek.

Ha vizet forralunk, az gőzzé alakul, azaz gázállapotba megy át, amelyről tudjuk, hogy molekulái a kölcsönös vonzás alól teljesen felszabadulva, kapott energiájuknál fogva, egymástól függetlenül röpködnek, egymással folyton összeütköznek és az edény falába ütődnek, előidézvén így a gáz nyomását, vagy feszítőerejét. Minél nagyobbak a molekulák és minél nagyobb a kinetikai energiájuk, annál gyakrabban és erősebben ütköznek össze és annál nagyobb mértékben fogják egymás mozgását háborgatni. E háborgatás mértéke nyújtja a legjobb módot a molekulák méreteinek a meghatározására. Kitűnt ilyirányú mérésekből, hogy az egyszerűbb molekuláknak az átmérője kisebb, a bonyolultabbaké pedig nagyobb és általában  $10^{-8}$  nagyságrendűek. A víz egy molekulájának átmérője  $4.6 \times 10^{-8}$  cm. = 0'00000046 mm. = 0'46  $\mu\mu$ . Az ennél még egyszerűbb hidrogén molekulaátmérője =  $2.7 \times 10^{-8}$  cm. = 0'00000027 mm. = 0'27  $\mu\mu$ . — Ugyanily értékekhez jutottak más irányú vizsgálatok, mérések és számítások alapján is.

Így pl. a gázok diffusio-sebességének megmérése, a gázok kinetikai elmélete, valamint az Avogadro-törvény alapján sikerült kiszámítani azt, hogy  $1 \text{ cm}^3$  norm. viszonyok között levő gázban mennyi a molekulák abszolút száma. Ezt a számot, első meghatározója után, *Loschmidt-féle* számnak nevezzük.  $L = 27.2 \times 10^{+18}$ . Eszerint  $1 \text{ cm}^3$  norm. viszonyok közt levő gázban 27.2 trillió molekula van.

De a Loschmidt és az Avogadro-féle szám alapján sikerült egy molekula súlyának a kiszámítása is és e szerint a hidrogén 1 molekulájának a súlyát  $3.28 \times 10^{-24}$  grammnak találták, ami a grammnak a kvadrilliomod része.

A szabad gázmolekulák igen nagy sebességgel mozognak, közönséges szobahőmérséken másodpercenként 460 méter átlagos sebességgel röpködnek, egymással összeütköznek, visszaverődnek és magas hőmérséken ez a sebesség még tetemesen fokozódik. Ha a gázmolekulák ezen energiáját pl. lehűtéssel elvonjuk, vagy más energiává átalakítjuk, a gáznemű test cseppfolyóvá sűrűsödik; ebben az állapotban a molekulák már kevés energiát tartalmaznak, lassabban mozognak és egymáshoz viszonyított helyzetüket csak csekély mértékben változtathatják; ha pedig még tovább is elvonjuk a folyadékból a kinetikai energiát, az anyag a szilárd állapotba megy át és ekkor a szomszéd molekulák vonzása megfogja és rögzíti őket. Ha pedig a gáz, vagy cseppfolyós anyag molekuláitól a kinetikai energiát teljesen elvonjuk, azaz az anyagot hovatovább az abszolút  $0^\circ$ -ig, a  $-273 \text{ C}^\circ$ -ig lehűtjük, elvesztik összes mozgási energiájukat és e hőfokon minden test csakis szilárd állapotban lehetséges.

A molekulákat sikerül kémiai erővel tovább még kisebb, összetevő alkatrészekre felbontani. Ha pl. megsavanyított vizen elektromos áramot vezetünk át, a negatív sarkon hidrogént, a pozitív sarkon pedig oxigént kapunk. Azokat a kisebb egységeket, amelyekre a molekula ekkor felbomlik: atomoknak nevezzük Minden vízmolekula 2 hidrogénatomból és 1 oxigénatomból áll.

A földön előforduló rendkívül sokféle anyag és tárgy, megfelelő módon, kémiai behatásokra, elemi alkatrészeire bontható. Azt gondolhatnók, hogy ez a rendkívül sokféle anyag egészen hihetetlen nagyszámú különbözőfajta atomból van összetéve. A valóságban ez azonban nincsen így, mert aránylag nem is nagyon sokféle fajta atom alkotja a Mindenséget. Azonban az alapanyagoknak sokféle arányú vegyületi lehetősége és nagy változatossága folytán létezik a földön oly mérhetetlen sokféle összetett test. A földi anyagok vegyi elemzése útján eddig 90, illetőleg 92 különböző fajtájú atomot, vagyis elemet ismertünk meg és minden más létező test ezekből tevődik össze. Az egész Föld végtelen változatosságu anyagai ezekből a meghatározott alkatrészekből, ezekből az atomokból vannak felépítve. Azonban ezek közül is főképen csak 14 fajta elem fordul elő gyakrabban és vesz részt a tömegesen előforduló összetett testekben, a többi elemre csak ritkábban, némelyikre pedig épen csak a legritkábban akadunk.

Az újabb időkig az atomokat a Mindenség szilárd és változásnak alá nem vetett, tovább fel nem bontható, legegyszerűbb építőköveinek tekintették. Az volt az általános nézet, hogy a Mindenségben minden anyagi változás az elpusztíthatatlan, tovább fel nem bomló atomok új elrendeződése és egyesülése útján jön létre és megy végbe.

Azonban a múlt század vége felé először *Crookes*, majd *Lenárd*, főképen pedig *Julius Thomsen* mutatták ki először, hogy bizonyos behatásokra az atomokról leválaszthatók egyes kis töredékek és így az atomok nem oszthatatlanok. 1895-ben *Thomson* azt is megállapította, hogy e töredékek, bármely atomról is származzanak, teljesen egyformák, egyenlő súlyúak és egyenlő elektromos töltésűek, mintegy az elektromosság hordozói. Ez utóbbi tulajdonságaik miatt őket *elektronoknak* nevezték el és kitűnt, hogy e rendkívül kis részecskék valamennyien negatív töltésűek. De az atom nem épülhet fel csupa negatív töltésű részecskékből, mert azok egymást taszítják és így az atomban pozitív részeknek is kell okvetlenül lenniök, melyek a negatív elektronokkal egyesülve közönbösítik egymást és létrehozzák a neutrális atomot.

Amíg ezek a vizsgálatok folytak, 1896-ban *Becquerel* kimutatta azt, hogy különböző uránium tartalmú anyagok sajátos, láthatatlan, nagy áthatoló-képességű sugarakat lövelnek ki, amelyek a fotográfiai lemezre hatnak. Ez a megfigyelés az anyag egy új tulajdonságának, a *rádióaktivitásnak* a felfedezésére vezetett. Most ily irányban indult meg a kutatás és igen nevezetes eredményekhez vezetett, melyeket 1903-ban *Rutherford* és *Soddy* a következő módon magyarázott meg. A rádióaktivitás a rádióaktív anyagok, ú. m. a nagy atomsúlyú Uránium, Thorium, Rádium stb. atomjainak természetes, önkéntes elbomlása következtében jön létre. Ez anyagok atomjai annyira nem állandóak, hogy lassan, de folytonosan, feltartóztatlanul és be nem folyásolható módon, önként, maguktól felbomlanak és nagy energiamentiségük kibocsátása közben anyagukra nézve megváltoznak. Az átváltozás folyamata nem pillanatnyi, hanem szakaszos és e közben 3-fajta termék ú. m.  $\alpha$ -,  $\beta$ - és  $\gamma$ -sugarak lövelődnek ki anyagukból.

Ezeket eredetileg sugaraknak vélték, mert át tudnak hatolni üvegen, vékony fémlamezekon és sok más anyagon. Igazi természetüket később fedezték fel, amikor e sugarakat erős mágnesestér hatásának vetették alá és így eredeti útjukból kitérítve, anyagi mivoltukat bebizonyították. Kitűnt, hogy az  $\alpha$ -sugarak pozitív elektromossággal töltött részecskékből állanak,

melyeket  $\frac{1}{100}$  mm.-nél vékonyabb üvegfalon át, zárt kamrába vezettek, ahonnan el nem illanhattak és amint az  $\alpha$ -részecskék száma e zárt térben növekedett, abban *hélium* halmozódott fel. Ily módon megállapították azt, hogy a rádium bomlásakor képződő pozitív töltésű  $\alpha$ -részecskék egyszerűen *He*-atomok magjai. Ezek a részecskék óriási sebességgel mozognak, minélfogva útjukból minden közönséges molekulát kivágnak és ez teszi az  $\alpha$ -sugarak nagy átütőerejét érthetővé.

A  $\beta$ -sugarak mágneses erők hatására az előbbiekkel éppen ellentétes, negatív töltésű, igen apró részecskékből *elektronokból* állóknak bizonyultak, melyek 1835-ször kisebbek, mint a hidrogén atomja és közel a fény sebességével mozognak, minélfogva igen nagy áthatoló képességűek.

A  $\gamma$ -sugarakat a mágnesestér útjukból egyáltalán nem téríti ki, ennélfogva nem anyagi részecskék és csupán egészen különleges természetű sugárzásnak bizonyultak.



Azt látjuk tehát, hogy a rádióaktív atom felbomlása hasonlít az ágyulövéshez, az  $\alpha$ -részecske a kilőtt lövedéknek, a  $\beta$ -részecske a füstnek, a  $\gamma$ -sugarak pedig a felvillanásnak felelnek meg. Csakhogy ez az ágyu önként, saját elhatározásából, szakaszosan sül el és arra semmi külső behatással befolyást nem gyakorolhatunk. Az uránium esetében a több szakaszon át és igen hosszú idő alatt lefolyó rádióaktív bomlás utolsó fennmaradó terméke: az uránium-ólom.

Rutherford ismerte fel, hogy a rádióaktív anyagok által kisugárzott  $\alpha$ -részecskékben rendkívül nagy pozitív elektromostöltés van, amely energiával más atomokat bombázni, mintegy felrobbantani és így elbontani lehet. De arra a meglepő eredményre jutott, hogy ezeknek a lövedékeknek csak egynémelyike talált, túlnyomó részük egyenesen keresztül ment az atomon, mintha az egyáltalán ott sem lenne, vagy teljesen üres volna.

E lövedékek pályáinak részletes tanulmányozása során bebizonyult, hogy az atom egész pozitív töltése egyetlen igen kicsiny részecskében van összpontosítva. Így jutott el 1911-ben *Rutherford* az atom szerkezetéről szóló, róla elnevezett elmélet felállításához. Elmélete szerint az atom egy súlyos, de rendkívül apró, pozitív töltésű központi magból: a *protonból* áll, mely körül a különböző fajta atomokban változó számban jelen levő negatív töltésű *elektronok* rendkívüli sebességgel keringenek. E feltevés szerint az atom a Naprendszerhez hasonlóan van megalkotva és a nehéz központi magnak: a protonnak jut a Nap, az elektronoknak pedig a bolygók szerepe. A központi mag körül keringő elektronok mintegy elhatárolják az atomot és megakadályoznak más atomokat abban, hogy a magot túlságosan megközelítsék és így terjedelmet is adnak az atomnak. A körülbelül  $2 \times 10^{-8}$  cm.-nyi sugarú atomnak a térfogata tehát nagy, az elektronoké pedig ehhez viszonyítva igen kicsiny. A proton noha általában 3–4-szer, vagy többször is nehezebb, mint az atomban levő elektronok együttvéve, csak akkora, mint egy elektron, ha ugyan nem kisebb nála. Ennélfogva az atom belül üres, akárcsak valamely Naprendszer és így az atom bombázásakor, a ráirányított  $\alpha$ -részecskék egyszerűen áthatolnak az atomon és csak ritkán találják el az atommagot, amelyet ez esetben szétrobbanthatnak.

Az atomban keringő elektronok száma határozza meg az illető elem helyét az elemek természetes rendszerében. A 90, illetőleg 92 ismert elemet növekedő atomsúlyaik szerint sorrendbe állíthatjuk, kezdve a legkisebb 1 atomsúlyú hidrogénnel és folytatva tovább az atomsúly növekedésének sorrendjében, míg eljutunk az utolsó, legnagyobb 238 atomsúlyú, 92-ik rendszámú elemhez, az urániumhoz.

Az első rendszámú elem a *hidrogén*, amely valamennyi elem között a legegyszerűbb szerkezetű. Ebben 1 pozitív elektromos egységnyi töltésű atommag, vagy proton körül csak egy magányos, de ugyanakkora, egy egységnyi negatív elektromos töltésű elektron kering, úgy hogy a két töltés egymást közbövíti.

A második rendszámú elem a *hélium*, melyben 2 egységnyi pozitív elektromos töltésű proton-mag van, de ez a hidrogénénél 4-szer súlyosabb és körülötte két negatív töltésű elektron kering.

A sorban tovább a 3. rendszámú *lithium* elem következik, melyben 3 elektron kering a hidrogén magjánál 7-szer nehezebb, de csak 3-szor akkora elektromos töltésű mag körül. — És így folytatódik ez tovább az összes elemeknél, míg végül az utolsó, a 92-ik rendszámú uránium elemhez jutunk, melyben 92 negatív elektromos töltésű elektron kering egy a hidrogén protonjánál 238-szorta súlyosabb, 92 egységnyi pozitív elektromos töltéssel rendelkező mag körül. Az imént már említett rádióaktív önbomlást csak a 83-nál nagyobb rendszámú, legbonyolultabb és legnagyobb atomsúlyú atomoknál találjuk. A többi elemek atomjai maguktól nem bomlanak, de mesterségesen, alkalmas módon elbonthatók. Először 1920-ban *Rutherford*-nak sikerült a rádióaktív atomok által kilövelt, óriási energiával rendelkező  $\alpha$ -részecskékkel, mintegy ágyulövegekkel, a kisebb és könnyebb atomsúlyú atomokat, mint pl. a nitrogént, a foszfort és az alumíniumot bombázni, telitalálat esetén azokat felrobbantani és így hidrogén keletkezését kimutatni. Amíg azonban a rádióaktív atomok önkéntes bomlásakor az  $\alpha$ -részecskék mellett mindig  $\beta$ - és  $\gamma$ -sugarak is keletkeznek, addig a könnyű atomok bombázásakor  $\alpha$ -részecskék egyáltalában nem lökődnek ki, hanem csupán oly részecskék, melyeknek súlya az  $\alpha$ -részecskék negyedével, tehát a hidrogén atomok magjaival azonosaknak bizonyultak. Sikerült ezeket a bontási folyamatokat és a keletkező termékeket, a kiröpülő részecskéknek az úgynevezett fluoreszkáló ernyőn (amely zinkszulfid, vagy platinbáriumcianidból készül) történő felvillanásuk révén le is fotografálni. Továbbá haladási irányukat, az összeütközéskor szenvedett eltérésüket és elágazásukat is sikerült ugyanily módon láthatóvá tenni és lefényképezni. Ily irányú vizsgálatokat főleg *Wilson* és *Blackett* végeztek, akik kimutatták, hogy bizonyos atomok ily eljárással kis mennyiségben tényleg felbonthatók.

Újabban *Joliot* polóniumból származó nagysebességű  $\alpha$ -részecskékkel bombázott vékony alumíniumlemezt és ily módon az alumínium mesterséges rádióaktivitását, azaz csekély mértékű bomlását idézte elő. Az Al-ból neutronoknak és pozitronoknak elnevezett gyenge sugárzást szabadított fel, amely sugárzás még a bombázás megszűnte után is több percig tovább tartott.

E vizsgálatokból az atommagok szerkezetére lehetett következtetni. Az atommagok pozitív töltésű protonokból állanak és így azonos elektromos töltésüknél fogva tulajdonképpen taszítaniok kellene egymást. Kitűnt azonban, hogy a magasabbrendű, több protont tartalmazó magokban negatív maelektronok is vannak, melyek a magot nagy erővel összetartják, mintegy összeragasztják. *Chadwick James* mutatta ki 1932-ben, hogy az atommagban foglalt protonok összetartásában és így a mag nagy állandóságának biztosításában a neutronoknak elnevezett kis részecskéknek igen fontos szerepük van. A neutronok az elektronokhoz hasonló kicsinységűek, de igen nagy sűrűségűek. A pozitronok ugyanily kicsiny, pozitív elektromossággal töltött, de gyorsan tovább bomló atommagrészecskék volnának.

Noha egyelőre nem ismerjük még az atomok bomlásának a mechanizmusát, az újabb időkben a tudósok az atomok felbontására mégis a tudomány minden erőforrását felhasználják és ezekkel igyekeznek megostromolni és szétrobbantani az atomokat. Így az angolországi

Cambridge-egyetemen, de főképen Amerikában a Columbia-egyetemen, Massachusetts és Kalifornia műegyetemein állítottak fel legújabb időben, tudományt pártoló mecénások adományaiból oly óriásgépezeteket, melyekkel millió- és millió volt elektromos energiát tudnak előállítani és ezekkel ostromolják most már az atomokat. Így egyes esetekben sikerült ezeknek az atomrombolóknak nevezetes eredményeket elérni. Pl. a Rutherford vezetése alatt álló cambridgei Cavendish-egyetem laboratóriumában sikerült a szénét rádióaktívá tenni, a kaliforniai műegyetemen pedig 5 millió volt potenciálesésű térben, több kis atomsúlyú elemet, valamint a nátriumfémét is sikerült rádióaktív bomlásba hozni és gyenge sugarak kilövelésére kényszeríteni. E sikerek, habár csekélyek is az atomszétrombolás óriási problémájához viszonyítva, mégis fölkellették az egész világ érdeklődését és újabb munkára serkentettek. Ma már oly atombombázó gépeket szerkesztenek, melyekkel az atomot alkotó részecskék rezgését 20 millió volt energiával gyorsíthatják meg. Sőt legújabban a Massachusetts műegyetemen egy 50 millió volt feszültséget szolgáltatató atombombázó ágyu készül, mely oly óriási energiamennyiséget fog szolgáltatni, amihez hasonló csak a Napban van jelen, ahol az atomok szétrombolása megszakítás nélkül folyik.

Az elemek atomsúlyainak újabb pontos meghatározása alapján rájöttek arra, hogy léteznek oly elemek, melyeknek magjai, habár egyenlő elektromos töltésűek és így a természetes rendszerben ugyanazon helyre tartoznak, tehát ugyanolyan rendszámúak, mégsem egyenlő atomsúlyúak. Ezeket *izotóp* (egyenlő helyű) elemeknek nevezzük. Ilyen pl. a kémiai sajátságaira nézve teljesen azonos uránólom, közönséges ólom és a tórium-ólom, melyeknek atomsúlyai sorrendben 206, 207,2 és 208. Miután mindhárom formának a rendszáma ugyanaz és csak az atomsúlyukban van csekély eltérés, ennél fogva arra a következtetésre kell jutnunk, hogy az elemeknél nem az atomsúly, hanem az atomrendszám az alapvető fontosságú sajátság. Aston-nak köszönhetjük azt a nagyjelentőségű megállapítást is, hogy minden atomnak a súlya igen nagy megközelítéssel egyetlen meghatározott súlynak a többszöröse. Ez az egység közel egyenlő a hidrogén atomsúlyával, de még jobban megközelíti az oxigén atomsúlyának a 16-od részét. A törtszámú atomsúlyok pedig az izotópok különböző arányú keveredésével magyarázhatók meg. E szerint egy ős- vagy alap-elem a hidrogén protonjának többszörösödése folytán jött volna létre valamennyi többi elem. Ehhez hasonló elméletet már 1815-ben *Prouth* is felállított volt, de csak a legújabb vizsgálatok alapján nyert az biztos megerősítést.

Rutherfordnak az atommagok mesterséges elbomlása terén elért eredményei és Aston említett felfedezései arra a feltevésre vezettek, hogy végső fokon az egész Világmindenség csak kétfajta építőanyagból, u. m. *protonokból* és *elektronokból* épült fel. Mindenfajta atom magjának oly mennyiségű pozitív elektromos töltése van, amennyit a rendszám megkövetel és amely az *e* számnak megfelelő számú elektron negatív elektromos töltésének megkötésére éppen elegendő. A proton az elektronnál kisebb, de 1835-ször súlyosabb. Általában felvesszük azt, hogy a protonok azonosak az elektronjaiktól megfosztott hidrogén magokkal. A többi elemek

magjai pedig ily protonokból és a megfelelő számú szorosan megkötött elektronokból létrejött összetett szerkezetek. Általában a tudósok manapság az atomokat igen összetett szerkezetű képződményeknek tekintik.

Az atomok a protonokon és elektronokon kívül még igen nagymennyiségű elektromágneses energiát is tartalmaznak. Mind e 3 tényező, ú. m. a proton, az elektron és az elektromos energia hozzájárul az atom súlyához. Ha az atom akár önmagától, akár pedig mesterséges bombázás következtében szétesik, úgy  $\alpha$ - $\beta$ -sugarak alakjában anyagi részecskék, protonok és elektronok lövelődnek ki belőle és sugárzás alakjában energia szabadul fel, pl.  $\gamma$ -sugarak alakjában. E folyamatok alatt keletkező új atomok súlya is megváltozik és a keletkező atomok végleges súlyát akkor kapjuk meg, ha az eredeti súlyból nem csupán valamennyi kilövelt proton és elektron összsúlyát, hanem a sugárzás alakjában szabaddá vált minden energia súlyát is levonjuk.

Planck berlini tanár már 1900-ban felállította a sugárzás minden fajtájára a *kvantum elméletet*, melyet azután 1917-ben *Einstein* a ma is uralkodó újabb és pontosabb alakba öntött. Ezt használta fel *Bohr Niels* koppenhágai egyetemi tanár atomelmélete felállításához. Ő már 1913-ban kimondta, hogy valamely atom, vagy molekula nem változtathatja meg fokozatosan sem az alakját, sem az energiáját, hanem csak megszakításokkal, bizonyos kvantumok kibocsátása, vagy bevétele útján. Így a különböző atomokat nem tudjuk nyugalmukban megzavarni, ha bármennyi vegyes sugárzást bocsátunk is rájuk, azok mindegyike pontosan csakis azt a hullámhosszúságú sugárzást fogja elnyelni, amely belső állapotának megváltoztatásához épen szükséges, minden más hullámhosszúságú sugárzás hatástalanul halad el mellette. Planck mondta ki először, hogy minden egyes hullámhosszúságú sugárzáshoz meghatározott mennyiségű energia tartozik, amit „kvantum”-nak nevezünk. (Az Einstein-féle törvény alapján valamely meghatározott típusú sugárzás csak akkor idézhet elő az atomban, vagy a molekulában változást, ha az ehhez szükséges energia pontosan egyenlő a sugárzás egyellen kvantumának energiájával, amikor ez az energiamennyiség teljesen felhasználódik. Így az atomok szerkezetében a rövid hullámhosszúságú sugárzás nagyobb rombolást tud végbevinni, mint a hosszú hullámú. Kellően rövid hullámhosszúságú sugárzás át tudja csoportosítani a molekulákat, vagy az atomokat is. Így pl. valamely atomot elbonthat azáltal, hogy annak egyik elektronját kilövi. (Egy kvantum elnyelése csak egy atomot bont fel és csak egy elektront lök ki az atomból.)

Ezek az elgondolások *Bohr Niels*-t arra a feltevésre vezették, hogy az atomban az elektronok számára csak korlátolt számú pálya állhat rendelkezésre és erélyes sugárzás hatására az elektron egyik megengedett pályáról egy másikra átválthat, átugorhat. Ily irányú beható spektroszkópikus ellenőrző kutatások és számítások alapján Bohr felállította az atom képét, vagyis az atom-modellt.

E szerint pl. a hidrogén atomban egy központi mag, egy proton van, mely körül egyetlen egy elektron kering kör alakú pályán. A proton 1835-szörös súlyosabb, mint az elektron, ennél fogva a Naphoz hasonlóan a rendszer központjában, gyakorlatilag véve mozdulatlanul áll és körülötte meg-



határozott pályán kering az elektron. A protonnak egy egységnyi pozitív, az elektronnak ugyanakkora negatív elektromos töltése van, így vonzzák egymást és neutrális elektromos állapot áll elő.

A természetes rendszer 2-ik rendszámú eleme a 4 atomsúlyú heliumnek, vagyis a rádióaktív elemek  $\alpha$ -részecskéjének atomjában 2 pozitív elektromos töltésű proton van, mely körül 2 negatív töltésű elektron kering, de nem egy síkban, hanem Bohr szerint egymással  $60^\circ$ -ot kitevő kvántumpályákon.

A 3-ik rendszámú lithium elem atomjában a központi magnak, a 3 protonnak, háromszoros elektromos töltése van és e körül 3 negatív töltésű elektron kering, amelyek közül kettő a belső körben, a harmadik pedig egy távolabbi külső, ellipszis alakú kvantum pályán kering. Ez utóbbi elektron a távolság négyzete arányában gyengébben van a maghoz kötve és így kémiai behatásokra könnyebben kicserélhető és helyettesíthető más atomok egy elektronjával, amikor a 2 atomból egy összetett molekula jön létre. Ezért a Li egy vegyiértékű elem.

A 4-ik rendszámú elem a *berillium* (Be), melynek protonjai 4 pozitív elektromos energiaegységet tartalmaznak és így 4 elektront kötnek meg, melyek közül kettő a belső gyűrűben, kettő pedig a távolabbi külső ú. n. vegyiérték-kvantumgyűrűben kering és ez utóbbiak cserélődhetnek ki kémiai hatások alkalmával, ezért a Be 2 vegyiértékű atom.

Ezekhez hasonló módon haladtak tovább Bohr és követői az összes elemek atommodelljeinek a felállításakor és megszerkesztésekor, pontosan kiszámítva a lehetséges elektronok pályáinak számát és helyzetét a színképelemzés módszereinek s eljárásainak tökéletesedése és finomodása útján, valamint a matematikai alapokra fektetett kvantumelmélet szabályai szerint ellenőrizve e megállapításokat. Így a nagyobb atomsúlyú, legmagasabb rendszámú elemek atomjai nagyon bonyolódott, de pontosan megállapítható kvantum-pályákon keringő elektronokat tartalmaznak, úgy, hogy atommodelljeik valóságos mikrokozmosz Naprendszerekhez hasonlítanak és a pályák nemcsak köralakúak, hanem a körhöz többé-kevésbé hasonló ellipszis, vagy nagyon elnyúló, a magtól messze eltávozó ellipszis alakot mutathatnak. Így pl a legmagasabb 92 rendszámú, 238 atomsúlyú uránium elem atommagjában 92 pozitív elektromos egységnyi töltéskvántum van, mely 9 negatív töltésű elektront köt meg, mégpedig 17 kvantum-pályán eloszolva.

Bohr szerint az atommagokat héjrendszerként pontosan meghatározott távolságokban mozgó és gyorsan keringő elektronok veszik körül, melyek *Lou's De Broglie* herceg újabb felfogása szerint a keringő mozgáson kívül még hullámmozgást is végeznek, mint ahogyan a vizen haladó csónak is körül van véve hullámokkal. De Broglie atommodellje helyébe 1926-ban a *Schrödinger-féle* elmélet került, amely theoretikai szempontból még az előbbinél is tökéletesebb. Ő olyan matematikai egyenlet-rendszert állított fel, mely alkalmas arra, hogy híven leírja az atomenergia állapotait, amiből annak minden tulajdonsága levezethető. A *Schrödinger-féle* atommodellekben fellelhetők a Bohr-féle elektronpályák, azonban az egész kép elmosódik, nem lehet többé megmondani, hogy egy adott pillanatban hol van a rendkívüli gyorsasággal keringő és

hullámzó elektron és helyét is csak egy bizonyos valószínűséggel lehet megjelölni, a mi a Bohr-féle pályával összeesik.\*

Az elektronoknak ez az elkenődése jellemző arra a legújabb elméletre is, melyet *Heisenberg* állított fel hosszas, nehéz számítások alapján és amely szerint a mozgó elektron mindenkori állapotát kellő pontossággal megadni elvi lehetetlenség. A *Planck*-féle kvantum-elmélet, az *Einstein*-féle relativitás-elmélet és a *Heisenberg* határozatlansági tétele forradalmasította az anyagról való föltevéseinket is és ezért a régi klasszikus felfogást újabbal kell helyettesítenünk, amely szerint a Mindenség legfőbb irányítója látszólag a véletlen.

Végül még meg kell emlékeznünk arról, — mert hiszen a mi tárgyunkkal kapcsolatban áll, — hogy újabb időben a kutatók sajtáságos sugárzások nyomára jutottak, melyek nem a földből, vagy a földi anyagokból erednek, hanem kozmikus eredetűek és a Világűr nagy távolságaiából kerülnek hozzánk. Minél magasabbra felszállunk a légkörbe, az úgynevezett stratoszférába, annál nagyobb mennyiségben és nagyobb erősséggel jelentkeznek e sugarak. Különösen *Rutherford*, *Cooke*, *Mc Lennan*, *Burton*, *Kolhörster*, *Compton*, *Eddington*, főképen pedig *Millikan* és legújabban *Piccard* végeztek ezekre vonatkozó vizsgálatokat. E sugárzásoknak az áthatolóképessége minden eddig ismertnél, még a rádium-, a Röntgen- és a  $\gamma$ -sugaraknál is jóval nagyobb. E kozmikus sugárzások az energia leghatékonyabb adagjait hordják magukkal. Ezért könnyen áthatolnak bármiféle anyagon, pl. 10 méter tömör ólomrétegen és több száz méter vastag víztömegben. Közöséges anyag jóformán nem is állítja meg útjukban. Megmért hullámhosszúságuk rövidebb az atom átmérőjének ezredrészénél és közülök a legrövidebb sugarak az atomok legkisebb részeinél, az elektronoknál is jóval kisebbek.

Ennek köszönhetik e kozmikus sugarak roppant energiájukat és nagy áthatoló erejüket. Tanulmányozásuk manapság világszerte kiterjedt kutatás és vita tárgya. *Millikan* szerint nem a Napból, vagy a Naprendszerből, hanem még távolabbról, a Tejútrendszerből, vagy a Világmindenség még azon is túl levő részeiből származnának, ahol az ősprotonokból és az őselektronokból az anyag formálódik és létrejön, amely folyamatok alkalmával óriási mennyiségű sugárzó energia is keletkezik. — Mások szerint e sugárzásokban a hidrogén atomok magjai: az ősprotonok vannak jelen, melyek óriási energiájához jutva, irtózatossággal a Világűrbe szerterepülnek.

Eddig az atomokról volt részletesebben szó; most még röviden a molekulák szerkezetéről is meg kell emlékeznünk. Az egyszerű testek, vagyis az elemek molekulái többnyire 2 atom egyesülése útján jönnek létre úgy, hogy a 2 atom magja egy tengely irányában helyezkedik el és az elektronok szimmetriásan elrendezkedve, e közös tengely körül keringenek.

\* *Schrödinger* szerint az atom pozitív magját rezgő felhőhöz, vagy ködgyűrűhöz hasonló negatív elektromosság veszi körül, melyben interferencia útján csomópontok keletkeznek és ezek felelnének meg az elektronoknak.

A *vegyületek molekulái* pedig az őket alkotó atomok egyesülésével jönnek létre. E molekulákban már nemcsak két, hanem több, néha rendkívül sok atommagot találunk. A legegyszerűbb esetben, amikor 2 atom alkot egy vegyületmolekulát, a 2 atommag egyesül egy tengely irányában, az összetettebb, több atomból keletkező vegyület molekulákban pedig annyi magot kell egyensúlyi helyzetben, közös tengely irányában elrendeződve elképzelnünk, ahány atomból áll a molekula és ezek körül a nagyszámú elektronokat, melyek együttesen alkotják a bonyolított összetett molekulát.

A kémiai változások és átalakulások az atomok külső vegyérték gyűrűin mennek végbe, ezek vegyértékelektronjai cserélődnek ki, vagy egyesülnek egymással és olvadnak össze vegyületmolekulákká. Csak igen erőyes behatásokra lépnek működésbe az ezek melletti belsőbb elektron-gyűrűk is. Azonban az atommagok és az ezeket körülvevő legbelső elektronok kémiai folyamatok alkalmával nem változnak meg, ezért kémiai behatásokkal az atomokat nem is tudjuk megbontani, megváltoztatni, vagy átalakítani másfajta atomokká. Az atommagok csak a legnagyobb atomsúlyú, úgynevezett rádióaktív elemeknél szenvednek önkéntes bomlást. Ezenkívül még rádióaktív bomlásokor keletkező nagy-energiájú  $\alpha$ -részecskék bonthatják meg más kisebb atomsúlyú atomok belsejét a velük való bombázásokor, de más módon, csak igen csekély mértékben sikerült még eddig, a rendelkezésre álló legerősebb energiaforrások felhasználásával, az atommagokat mesterségesen elbontani.

Az atomok nagy titka, de egyúttal a Világegyetem rejtélye is, az atomok magjában van elrejtve, ezek sugározzák ki magukból a különböző észlelt kis anyagi részecskéket, a különböző sugárzásokat és az energiát. Az atom magját rendkívül nagymennyiségű elektromosság védőfala veszi körül, melyen áthatolni felette nehéz. Habár újabb időben az atomok bevehetetlennek látszó várait a rendelkezésre álló legerősebb energiákkal is ostromolják, az atomokat alkotó részecskék szövetségének belső birodalma mindaddig még meglehetősen állhatatosan ellenállott az ember leghevesebb támadásainak is.

Hogy valamikor általánosan és mindenfajta elemre nézve sikerülni fog-e az atomok magjainak ez a felbontása, alkatrészeinek tömeges újracsoportosítása, átkapcsolása és így a különböző fajta atomok egymásba való átalakítása, vagy újfajta atomok előállítás, amely folyamatok alkalmával mérhetetlen, óriási mennyiségű atom-energia is működésbe jöhet, — az még a jövő feladata! Ha ez az elméleti lehetőség valamikor megvalósul és könnyen végrehajtható lesz, akkor az alchymia törekvése és vágya: „az aranycsinálás” problémája, valamint a modern emberre nézve még ennél is sokkal fontosabb: korlátlan mennyiségű energia termelésének a kérdése is meg lesz oldva!

Dr. Ruzitska Béla.