

ORVOS-TERMÉSZETTUDOMÁNYI ÉRTESITŐ

AZ ERDÉLYI MUZEUM-EGYLET ORVOS-TERMÉSZETTUDOMÁNYI SZAKOSZ-
TÁLYÁNAK SZAKÜLÉSEIRŐL ÉS NÉPSZERŰ ELŐADÁS AIRÓL.

III. NÉPSZERŰ SZAK.

XI. kötet.

1889.

III. füzet.

VÁZLATOK A CHEMIÁBÓL.

Három népszerű előadás.

Dr. Fabinyi Rudolf e. tanártól.

I. *)

Bevezetés. A chemia régi tudomány. Az atomtheoria. Egyszerű és összetett test. Molecula. A chemia és physica kölcsönös feladata. Physikai és chemiai tünetmények. Távolhatás és benső érintkezés. Keverék. Közönséges ólat. Valóságos vegyület. A vegysúlytani törvények.

Mélyen tisztelt közönség!

Bizonyosan sokan gyönyörködtek már azon meglepő tünetményben, melyet a nálunk 40—60 évben virágzásra jutó amerikai agave nyújt, mikor egyszerre váratlanul hatalmas, pár hét alatt egész 12 meter magassáig emelkedő sudarat hajt, mely fönt számos mellékággal együtt 3000—4000 harang alakú, illatos, mézédés virágnak koronataratójájúl szolgál. Mi gyönyörködünk e nálunk ritka tünetményben; hazájában, Mexikóban, igen praktikus hasznát is tudják venni. Midőn

*) 1889. márcz. 2. tartott népszerű előadás.

észreveszik, hogy az agave, mely a forró klimában 6—10 év alatt jut már el virágzási korába, hajtani készül, levágják csúcsbimbóját, elannyira, hogy mintegy fél méter átmérőjű üst keletkezzék.

A könyvből virág fakad, mondják a költők. A valóságban itt megfordított dolog történt. A virágzástól eltiltott növény teljes hat hónapig sűrű könnyekben ontja ki bánatát. Egy virág 2000 kgr.-nyi nedvet ád, melyben 176 kgr. cukor (és 6 kgr. almasav, 10 kgr. mézga, 20 kgr. fehérje) foglaltatik. A mexikóiak nemzeti itala, a Pulque készül belőle.

A hatalmas virágzás láttára fölmerül a megkapott laikus szemlélőben a kérdés: hol van e hatalmas erőnek a forrása, honnan vette a növény a gyors és nagyszerű kifejlődéshez szükséges képzettséget, az anyagot és erőt. A botanikus meg fog erre felelni. Ő jól tudja, hogy hosszú évek csendes munkájába került az, mely idő alatt az agave töve és levelei összegyűjtötték az anyagot és alkalmas alakot adhattak annak a csírának, melyből azután hirtelen, a belső erőtől hajtva, a pompás virág létrejött.

Az agave virágzásához hasonló jelenségeket látunk századunkban a természettudományok terén. Tudományok, melyekről a nagy közönségnek pár évtized előtt még alig volt tudomása, ismét mások, melyeket a század elején még bölcsőjünkben látott, rövid idő alatt bámulatos gyors fejlődésen mentek át. Koronát nyertek csodás virágokból és a gyakorlati élet ölébe hullatják érett gyümölcseiket. Gondolatainkat a villám sebességével küldjük a messze távolba, beszédünk megelőzi a leggyorsabb szelet, kedveseink hangját megörökíthetjük, s egy másodperc századrésze alatt kedves emlékeinket. Csodás gyorsasággal járjuk be a szárazföldet és tengereket, s a gyémántfúró és a dynamit útát nyit az Alpeseken át, akaratunk mesés fénynyel világítja meg az éjszakát, a bánya mélyeit és a villám ereje szolgálatot tesz a föld kincseinek kiaknázására. Soha nem látott színeket varázsolunk elő a szénből, s kezeink között a cukornál 300-szorosa édesebb lesz az. Megfojtjuk a láz gyötrő erejét a szén csodás hatású anyagaival, s a legborzasztóbb betegségek nem egyikére gyógyító irt találunk.

A chemia egyike azon tudományoknak, melyek a XIX-ik században az agavehoz hasonló gyors virágzásra jutottak. De másfélezer év előre ment munkájára volt szükség kifejlődéséhez. A chemia tör-

ténelmében járatlan, a mult idők chemiai munkáit nem ösmerve, könnyen hajlandó e tudományt az újkor szülöttének tekinteni, melyet Lavoisier emelt ki bölcsőjéből. Lavoisiernek nagy, korszakot alkotó érdemei voltak, de hogy azokat megszerezhesse, a chemiai ismeretek ezreire kellett hogy támaszkodhassék. Igaz, hogy az ő vezetése alatt egyesültek a mult század végén a francia chemicusok egy új rendszer megalkotására, mely a traditíóval tökéletesen szakított, mely az ismert vegyi tünemények, vegyi elvek és jelzések divó kifejezéseit egy egészen újjal helyettesítette, a miből aztán a látszólagos nagy úr a jelenkor és a mult vegytana között eredt: „mert valamennyi fontos felfedezés eredete, minden külön álló észlelés, mely Lavoisier idejéig Európa valamely más részében történt, elmosódott; s az új nevek és a megváltozott felfogások eltértek minden összefüggést a multtal.

Azonban, mint a népek történelmében nincsen esemény, melyet bizonyos állapotok vagy események nem előztek volna meg, a melyekből szükségképen létrejött, ép így van az a természettudományok haladásával is. Valamint egy tünemény az élő vagy nem élő természetben föltételezi azon körülményeket, a melyek által előidézttetik, úgy a haladás a természettudományokban megindíttatik oly igazságoknak előrement megállapítása által, melyek tényeknek, a tények egymás közötti összefüggésének kifejezése.

Egy új rendszer, egy új elmélet mindig csak következménye, kisebb vagy nagyobb általánossággal bíró, az uralkodó tannal ellenkezésben álló tényeknek. Lavoisier idejében minden test, minden jelenség, mely foglalkoztatta őt, ismeretes volt, ő csak egy új érzéket adott a tudomáynak, minden tag megvolt már és helyes kapcsolatba volt hozva.

A vegytan a legelrejedettebb természet-erők hatásaival foglalkozik, melyek nem nyilvánúlnak oly működésben, mit sok physikai erő, mint a fény, a nehézség, melyek az ember figyelmét naponta magukra vonják; oly erők, melyek nem hatnak a távolba, melyeknek nyilvánulásai csak a különböző anyagok közvetlen érintkezésénél észlelhetők. Ezredévek szükségeltettek arra, hogy e tüneményeknek azon világát teremtsék, melyből a chemia Lavoisier idejében állott. Temérdek észlelet volt szükséges, míg a legfeltünőbb vegyi tüneményt, egy gyertya égését meg tudták fejteni; míg felismerték azon rejtett szá-

lakat, melyek a vas rozsdásodása, a színek elhalványodása, a légzés folyamata és a gyertya égése között vannak.

Hogy azon vegyi ismeretekhez el lehessen jutni, arra szükséges volt, hogy az emberek ezrei, koruk összes tudományosságával fölszerelve, legyőzhetetlen hevedességükben az örüléssel határos szenvedélytől indítatva, életüket, vagyonukat és összes erejüket arra fordítsák, hogy a földet minden irányban át, meg átkutassák, hogy elfáradás és ellankadás nélkül valamennyi ismert testet, szervest és szervetlen, a legkülönbözőbb és legváltozatosabb módon egymással érintkezésbe hozzák; szükséges volt, hogy ez 15 századon keresztül történjék.“ (J. Liebig.)

* * *

„A chemiai tünemények beható tanulmányozása által adott esetekben meg tudjuk mondani, hogy mi történik, mi történt, vagy mi fog történni; e tüneményeket saját erőnkől elő tudjuk idézni. Az erő különböző alakjait is előállíthatjuk, azonban minden esetben egy és ugyanazon érzésünk van: az izomműködés érzése, az erő kifejtés érzete, mert valóban közvetlenül a mozgáson kívül az energiának egyetlen egy fáját sem tudjuk előállítani. Ép azért teljességgel lehetetlen is, hogy valamely természettünemény okául mást gondolhassunk, mint egy erőnek működését. A természeti tünemények általunk csak erők működésének eredményeként foghatók föl.

Egy óramű, valamely gépezet működését csak akkor értettük meg teljesen, ha képesek vagyunk a láncolat minden egyes szemét benne saját énünkkel helyettesíteni, hogyha a gépezet hatását saját tagjaink hatásával, tüdünk légsűrítő erejével, ha a valóságban nem is, de a képzeletben pótolni tudjuk. S ha ezen gondolatot tovább fűzzük, azonnal egy más dolog lesz előttünk világossá. Az erő magában nem elegendő a tünemények megértésére, kell még valaminek azonkívül lennie, valami tárgynak, individuumnak, mely az erőt kifejti, valamint én vagyok az, a ki az erőt kifejtem, midőn egy követ mozgásba hozok. Csakis egységes, saját eszünk szerinti oszthatlan individuumok akaratnyilvánításának alakjában foghatjuk fel a természettüneményeket.

Az ókorban istenségeket, dénomokat ruháztak föl a természeti erők hatalmával, a kik egy bizonyos fokig szabadakarattal bírtak, de

csak szűken körülírt határookban gyakorolhatták hatalmukat. Mennél továbbra haladt a természet megismerése észlelés és kísérlet folytán, annál szűkebbre húzódtak össze a korlátok, melyekben a démonok akaratukat szabadon nyilváníthatták, de annál nagyobb is lett a számuk. Ma az akaratszabadság legcsekélyebb mértékét sem tulajdoníthatjuk többé nekik, megváltozhatlan természettörvényeknek, kérelhetlen szükségességnek hódolnak, de a számuk légió. De nem is nevezik őket többé démonoknak, istenségeknek, hanem atomoknak, mely görög szó ugyanazt jelenti, a mit a latin *individuum*; valamit, mely ép oly kevésbé osztható, mint saját énünk.“ (O. Lehmann.)

Igaz, hogy az atomtheoria csak hypothesis, hogy az atomokat látni, megfogni nem lehet, de ép oly igaz, hogy csak az atomok fölvételével adhatunk csak némileg is kielégítő magyarázatot a természettünemények legnagyobb részéről, hogy az atomtheoria kifejtésével veszi kezdetét a roppant haladás a természettudományokban, hogy ez a theoria olyan, melylyel nemcsak a meglevő tények kielégítő magyarázata adható, hanem a mely folyton új fölfedezésekhez vezet, új tényeket előre láttat, szóval a tudomány haladását a leglényegesebb módon elősegíti.

A chemiában is az atomtheoria megállapítása óta történt a nagy haladás. Ezen theoria szerint a testeket végelemzésben sok apró, tovább fel nem bontható anyagrészekből állóknak fogjuk föl. Valamely test atomjai lehetnek teljesen egynemű anyagból állók, vagy pedig különnemű anyagból képezettek. Az első esetben a testet mint egynemű anyagból állót, egyneműnek, egyszerűnek, vagy elemi testnek nevezzük; a második esetben összetettnek.

A chemia maig mintegy 70 anyagot ismert fel egyszerűnek, olyannak, melyből semmiféle behatással, semmiféle rendelkezésünkre álló eljárással több fajta anyagot kiválasztani nem lehet. Ez a 70 egyszerű anyag a chemiai 70 elem. Mennyiségük, s elterjedésük földünkön nagyon különböző. Vannak elemek, melyek földünk szilárd kérgének, a tengerek vizének, a légkörnek, összesen vagy egyenként, igen jelentékeny alkotó részeit képezik. Az Oxigén, Nitrogén, Hydrogén, Silicium, Szén, Calcium, Magnesium, Aluminium, Vas, Kalium, Natrium, Kén, Chlór, Phosphor csaknem mindenütt és nagy mennyiségben található, részint elemi állapotban, részint vegyületeik alakjában.

Más elemek ismét ritkák, földünk némely helyein fordulnak elő és csekély mennyiségben.

Az atom a chemiai erő székhelye. Ezen erő vonzás alakjában nyilvánul és az egyes atomok-tól vagy csupán egy, vagy több irányban hathat kifelé. A vonzás nagysága az atomok között különböző, legkisebb az egynemű anyagból álló atomok között, mentől nagyobb az eltérés két anyag sajátjaiban, annál nagyobb. A közöttük uralkodó vonzásnál fogva az atomok, mint külön álló individuumok, csak kivételes esetekben állhatnak fönn; még az egynemű atomok egymásiránti vonzása is elegendő nagyságú, hogy az atomokat egymásközötti összeköttetésre bírja. A legtöbb egynemű testben két-két atom képez önálló, kicsi anyagrészeket, melyeket moleculáknak neveznek. A zöszszetett testek is ily kicsi részekből állanak, moleculákból, csakhogy az összetett testek moleculáját különböző elemeknek az atomjai képezik. Ebben rejlik a leglényegesebb különbség az egyszerű és összetett testek között.

Dogmák formájában kell hogy előadjam ez igazságokat, s az idő, mely ez előadásokra kiszabott, oly rövid, hogy csak némelyikét foghatom megokolni. Hiszem azonban, hogy azon következtetések logikája, azon eredmények nagyszerűsége, melyeket e dogmákból vonni fogunk, legalább célirányos voltukról fogja meggyőzni Önöket.

Az atomok a moleculákban, a moleculák az általuk képezett test határain belül folytonos mozgásban vannak.

Egy több atomból képzett moleculát e részt legtalálóbban egy naprendszerrel hasonlíthatnók össze, melyben az egyes csillagok meghatározott pályákon keringenek egy központi nap körül, melynek majd közelébe jutnak, majd tőle eltávolodnak, de a kölcsönös vonzás és mozgásuk törvényeinél fogva mindig együtt maradnak egy önálló csillagrendszert alkotva, mindaddig, a mig valamely hatalmas, világtérbeli ok elválásukat elő nem idézi. Ily folytonos mozgás uralkodik a moleculák világában is, ha a moleculák halmazából álló test teljesen nyugalomban levőnek látszik is. Az egyes atomok meghatározott törvények szerint kerülnek egymás körül, távolodnak, közelednek. És ezen kölcsönös mozgásban megmaradnak, nem változtathatják egy bizonyos határon túl helyüket, ha csak nem a molecula egységének fölládozásával. Ha ez megtörténik, szétesik a molecula, a test chemiai átalakuláson megy keresztül.

A mindenségben a legnagyobb épügy lehetséges, mint a legkisebb. A nyugalmasnak látszó vízceppben a görcső a microcosmus miriadjainak forgatagát mutatja; a fény sugar egy másodperc alatt végbemenő billió rezgésnek köszönheti létét; a kifeszített rézdrót mértföldekre továbbítja majdnem mérhetlen rövid idő alatt azokat a rezgéseket, melyeket hangunk a telefon lemezével közöl. Az atomok is oly szabatos mozgásokat végeznek, mint azon óriási testek, melyeket a csillagos ég gondolatszédítő mélységei a távcsővel fegyverzett csillagász szeme elé tárnak. Nem lehet meglepő azon állítás, hogy a nyugalomban levő test részecskéi is hasonló mozgásra képesek. Hiszen ha ez nem lenne lehetséges, hogyan magyaráznók meg például csak a testnek kiterjedését is a hő által? Mig azon feltétellel, hogy a moleculák mozognak, igen természetes képet kapunk: a moleculák nagyobb kilengése, hosszabb pályák leírása az, a mi az egész testnek nagyobb térfogatot kölcsönöz, s a meleg azon erő, mely e nagyobb kilengéseket előidéz és azoknak egymásra következését gyorsítja. A mi érzékeink is a testek melegebb állapotáról csak az által nyernek tudomást, hogy a moleculák miriadjainak láthatlan, de gyors és intenzív lökései tapintó szerveink moleculáit is hasonló rezgésbe hozzák.

A moleculákat képező atomok anyaga, az atomok száma és kölcsönös helyzete a moleculákban, végre a mozgás módja, dimenziói, a mozgásnak sebessége, intenzitása szabja meg a testeknek érzékeink alá eső összes tulajdonságait. A 70 különböző anyag, az atomok számának és különös helyzetüknek, továbbá a mozgás alakjának és erejének lehetséges sokfélesége megszámlálhatlan combinációival, számot adhat az anyagon észlelhető összes tulajdonságokról. Nincs oly tulajdonság, mely ez alapfeltételekből magyarázható nem lenne, ha most nem is, majd valamikor. Valamint a tulajdonságokról, úgy a tulajdonságok megváltozásáról is legegyszerűbb képet nyerünk ezen felvétellel; még pedig azokról, melyek az anyagon önként végbemennek ép úgy, mint azokról, a melyeket mesterségesen előidézhetünk.

Ha a moleculák összetétele, vagy mozgása változik, megváltozik a moleculák hatása is. Ha egy tüzes-csővát sebesen forgatunk, nem fénylő pontot, hanem fényes karikát lát szemünk; természetes, hogy másféle benyomásnak kell létrejönnie akkor is, ha a moleculák mozgásában változás áll be.

A tulajdonságok megváltozása vagy műlékony természetű,

vagy állandó lehet. Lehet, hogy a test megváltozott tulajdonai, a változást előidéző ok megszűntével újra a régi állapotba térnek vissza, lehet, hogy fönnállanak akkor is, ha az ok már régen megszűnt működni. Ez az állandó megváltozás többnyire oly nagyfokú szokott lenni, az anyag többi legfeltűnőbb (fizikai, chemiai) tulajdonságainak oly nagymérvű eltűnését és egészen újakkal való helyettesítését észlelhetjük, hogy mintegy maga az anyag tűnhetik föl kicseréltnek és tévedésbe ejtheti a szemlélőt; a mint a múlt idők bűvarai is valóságos anyagváltozásról beszéltek; és ebből kiindulva hitték, hogy egy bizonyos fémből más fémekeket, pl. ólomból aranyat lehet készíteni.

A chemiai bűvarlat kiderítette, hogy a tulajdonságoknak állandó megváltozása mindig a moleculák chemiai összetételének megváltozásával jár, az által idéztetik elő. Ezen ismeret megszerzésével jutott a chemia fejlődésének azon stadiumába, melyben a physikától különvált, hogy mint önálló tudomány, tanulmányozása körébe azon jelenségeket vonja, a melyek a moleculák összetételének megváltozásával kapcsolatosak. Ezen tünemények törvényeit igyekszik megállapítani, fönnhagyván a physikának azon tünemények tanulmányozását, a melyek az összetételükben változatlan moleculákon és a változatlan moleculákból alkotott testeken előidézhetők észlelhetők. Így például a physika körébe tartoznak a halmazállapot változás-tüneményei, előidézve hő, nyomás, vagy elektromos behatások által. A hő, a fény, az elektromosság, a mágnesség, az egész testek mozgásának tüneményei, mindazon határig, míg a test moleculái összetételeiben változás nem következik be. A tulajdonságok mindama megváltozása, melynek alaptörvényeit a physika kutatja, m u l é k o n y t e r m é s z e t ű, addig tart, a míg az ok, a hatás, mely előidézte, működni meg nem szűnik. Az állandó változás törvényeinek megállapítása, a chemia körébe tartozik, a chemia tárgyát képezi. Általában véve a physikát a moleculák, a chemiát pedig az atomok tanának nevezhetnők.

Physikai megváltozások is lehetnek igen nagymérvűek. Nézzük a cseppfolyó vizet, a vízgőzt, mely elpárolog a levegőben, s hasonlítsuk e röpke alakhoz a jeget. Pedig mind a három ugyanegy anyag, s csak a meleg az, mely tulajdonságaik megváltozását előidézi. Hűtsük le a gőzt, cseppfolyó vízzé lesz, hűtsük tovább: jéggé mered. Melegítsük a jeget, megszabadítjuk a moleculákat lánczaiktól, gördülékenyebbek, mozgékonyabbak lesznek: elő áll a csepegős víz.

Azonban egész más természetű változásokat is idézhetünk elő a vizen. Ha pl. vizen keresztül elektromos áramot bocsátunk, a víz szintén légnemű alakot nyer. De ha ennek melegét el is vonom, vizet nem nyerek belőle. Ez esetben a víz moleculáját megváltoztattuk összetételében. Az elektromos áram, midőn belépett a víz moleculájába — melyet 2 atom Hydrogénből és 1 atom Oxygénből állónak ismerjük — széttépte a kapcsolatot a víz atomjai között: a Hydrogén atomok kiszabadulva egyesültek Hydrogén moleculákká, az Oxygén atomok Oxygén molekulákká.

Ezen légnemek eltérő mennyiségben fejlődnek a vízből, mit kimutathatunk, ha az elektromos áram sarkai fölé két osztályozott és felül elzárt csövet állítunk. A Hydrogénből épen két annyit nyerünk térfogat szerint, mint az Oxygénből. A Hydrogén gyúlékony, légnem, kinyitom az egyik cső felső csapját, égő gyújtó szállal közelítek: meggyúl. A másik csövet is megvizsgálom. Csapját kinyitva ízzó végű gyújtó szállal közelítek: lobot vet. Egyik légnem gyúlékony, másik képes az égést táplálni, kettő együtt pedig heves durranással elrobban. Erre nézve a következő kísérletet mutathatom be: A két gázt üveghengerben fogjuk föl, át bocsátjuk egy hólyagba, mely csapos csővel van ellátva, melyen át szappanoldatba nyomhatjuk. Gyújtó szálat tartok oda... pár buborék volt mindössze, de a hatás, mely keletkezett, rendkívül nagy. Az erős durranáson kívül igen jelentékeny hőfejlés is áll be. Ha más körülmények közt ismételjük a kísérletet, azt tapasztalhatjuk, hogy a Hydrogén és Oxygén elegy elégszenél csak egyetlen egy égési termék áll elő és ez az, melyből e légnemek maguk keletkeztek: a víz.

Egy tartóban Hydrogén lett felfogva: a nyitott cső végén meggyújtva halvány lánggal nyugodtan ég. Ha hideg tálat tartok fölébe, harmat-cseppek rakódnak le reá. Ha tiszta Oxygénnel telt edénybe állítjuk a lángot, sokkal élénkebben ég, s igen rövid idő alatt harmat-cseppek rakódnak le az üveg falára. Ez nem egyéb mint megsűrűdött víz, mely a Hydrogén és Oxygén egyesüléséből keletkezett.

Minden más testnél is azok tulajdonságainak hasonló, jelentékeny megváltozását tapasztaljuk mihelyt megváltoztatjuk moleculáik összetételét.

A halmazállapotbeli különbségek a Szénsavnál is igen nagymérvűek, de nem hasonlíthatók össze azzal a tulajdonságokban való

feltűnő megváltozással, mely a molecula összetételének megváltoztatását kíséri. Itt egy edényben szénsavat állítunk elő; márványdarabokat rakunk bele, a márvány a Szénsav vegyülete mészszel. Egy erősebb sávsával pl. sósavval kihajtjuk a szénsavat, melyet gummicsőben elvezetve víz alatt felfoghatunk egy üveg-csőben. A szénsav jellemezve van azáltal, hogy a szénnel Oxygénben dús vegyülete, mely az Oxygént nagy erővel tartja lekötve, úgy hogy benne a hevesen égő testek is elaluzznak, nem képesek belőle Oxygént elvonni.

Ha gyertyát tartok bele, azonnal kialszik; fojtó körében kialszik az élet is; sokat hallottunk azon szerencsétlenségekről, melyek oly helyeken történnek, hol Szénsav fejlődik a föld mélyéből. (Nálunk a torjai barlang.)

A Szénsavat már nem állíthatjuk olyan könnyen elő folyós halmazállapotban mint a vizgőzt. Rendkívül nagy hideg szükséges hogy Szénsavból csepegős test legyen. De könnyebben el lehet érni, ha egyidejűleg a hűtéssel nagy nyomásnak tesszük ki; ha 0° C.-nál tartjuk a hőmérséketet és 40 légköri nyomásnak vetjük alá, cseppel folyó lesz. Olyan szintelen, átlátszó folyadék, mint a víz.

A beforrasztott üvegcsőben, melynek képét villamos lámpa segítségével nagyítva, fehér ernyőre vetitem, cseppfolyó Szénsav van. A folyadékot melegítjük: langyos vízzel vesszük körül az egész csövet. Látjuk, hogy a Szénsav mennyisége rohamosan apad, gyorsan kezd párologni, beáll a forrás tüneménye. E mellett természetesen a csőben igen nagy nyomást fejt ki, mely több mint 80 légköri nyomást tesz ki.

Ha ellenben hideg vízzel vettük körül, rögtön kezd sűrűdni, látható, hogy a vetített képen újra megjelent a folyadék és gyorsan gyarapszik. Ha a cseppfolyóvá tett Szénsavat gyorsan jelentékeny mennyiségben kibocsátjuk, rohamosan párolog, de e közben igen jelentékeny mennyiségű meleget von el környezetéből és moleculáiból és ennek következtében annyira lehűl, hogy egy része kénytelen átmenni szilárd állapotba, s ilyenkor hóhoz hasonló fehér tömeget képez.

E vas palaczkban 2 kilogr. sűrített Szénsav van. Megnyitom szelepét; a locomotiv sípjához hasonló hanggal tolul ki a Szénsav, egyrésze elgőzölög, más része megszilárdul. A szilárd Szénsav igen hideg test, melynek hőmérséke — 50° C; ha gyorsan elpárolog, leszállhat

egész 80° C-ig is. Tenyerünkre rátehetjük, mert az elpárolgó Szénsav mintegy rugalmas párnát képez, mely megakadályozza a nagy hideg hatását a bőrre: De ha oda nyomjuk a bőrhöz, roncsolást, az égési sebekhez hasonlókat idéz elő. A higanyt megszilárdíthatjuk, megfagyaszthatjuk vele. Hogy fokozzuk a hideget, gyorsan illanó testet — aethert — öntünk rá; melynek segélyével lehűtjük a Szénsav hőmérsékét 70° egész 75° C-ig. Egy üvegpálczát állítottam be az üvegsőbe öntött higanyba. Most felemelhetem a higanyt; egy tömeggé meredt. Ha a külső üvegsövet, melybe a higanyt tettük, kalapáccsal széttöröm, a higanyról az üvegdarabokat leverhetem, az ott maradt higany szilárd, kalapálható.

Jelentékeny különbségeket lehet tehát a tulajdonságokban pusztán a halmazállapot megváltozásával előidézni a moleculák változatlan összetétele, épségben maradása mellett. De egészen más megváltozás áll be, ha a molecula összetételét megváltoztatjuk, ha belőle egyes atomokat elvonunk, másokkal kicserélünk, vagy a moleculákba még új atomokat helyezünk. A Szénsavból egy atom oxigén elvonásával, a mérges Széngáz (Szénoxyd) lesz, ha pedig lúggal hozzuk érintkezésbe, szilárd testté lesz, vegyileg egyesülvén a lúg alkatrészeivel. Tömény Barytlúgot öntök e szénsavat tartalmazó üvegbe. Előbb víztiszta volt a folyadék, mihelyt bele töltöm, elnyeli a Szénsavat és a Szénsav elnyeletése folytán az edényben megzavarodik, ritkított tér támad, a mit mutat az, hogy az edény felső csapját megnyitva, a betóduló levegő az elébe tett sípon hangot ad. A Szénsav most fehér test alakjában van jelen, melyből csak erős tűzben nyerhető vissza.

Elektromos áramot bocsátok e vasdróton keresztül. A fémdrót erősen megizzik, ha megszüntetjük az áram hatását, a drót kihűl és daczára annak az eltérésnek, melyet állapotában mutatott; újra visszanyerte minden őt jellemző tulajdonságát. De ha hosszabb ideig teszszük ki az áram hatásának, megolvad és sziporkázás közben elég. A rozsdaféle anyag a mivé lett, súlyosabb, mint a vasdrót volt; a Vason kívül Oxigén is van benne. Úgy is keresztül vihetem ezen változást, ha az izzó vasdrótot Oxigénbe teszem. E vasrugó végére tapló-darabot tettünk, a taplót meggyújtva, beletartjuk az Oxigént tartalmazó edénybe, a taplótól lobbot vet a Vas is, ég mindaddig, míg az Oxigénben tart. Barna, nehéz füstöt látunk az edényben, mely

kihűlve lerakódik az üveg falára. Ugyanazon vegyület ez, mely előbb is keletkezett, a Vas vegyülete az Oxygénnel, vasrozsda. Ez chemiai tűnemény.

A konyhasót mindenki ismeri. Két alkotó része van: a Natrium fém és a Chlor egy zöldessárga színű mérges gáz. Gyönyörű sárga fény támad a kettő egyesülésénél. Eltűnt a Natrium és a Chlor összes tulajdonságaikkal egyben, helyet adva az ártatlan, fehér konyhasónak. A chlor egy atomja egyesült egy atom Natriummal konyhasóvá, két atomból képzett molekulává.

Hasonló tűnemény a Chlor hatása az aranyfüstre: Két lombkot csap köt össze, a felsőbe ritkított helyben van az aranyfüst, az alsóban a Chlorgáz. Ha kinyitjuk a csapot, tűztűneménnyel ég el az aranyfüst, eltűnik s vele a Chlor is, helyet adva egy egészen más tulajdonságú új vegyületnek.

* * *

Megváltozások a molekula összetételében nemcsak vegyületeken eszközölhetők, hanem az egyszerű testek molekuljeiben is. Ha egy egyszerű test molekulje egy esetben két atomos, másik esetben három atomos, jelentékeny eltérésnek kell jelentkeznie a tulajdonságokban. Ilyen a különbség: a közönséges légköri Oxygén és az úgynevezett Ozon között. A légköri Oxygén molekulje két atomos, míg az Ozoné 3 atomos. Ezt a változást elő lehet idézni elektromos szikrák által. A mikor a szikrák elbontják az Oxygént atomokra, az atomok egy része hármass csoportokká egyesül. E csőben idézzük elő az Ozon-képzést. Erős feszültségű apró szikrákat üttetünk rajta keresztül. Az Oxygént egy tartóból bocsátjuk a csőbe. Eredetileg egészen szagtalan s ártalom nélkül belélegzhető, de a mint a csövet elhagyja, szagot nyer. Onnan neve is a görög ὄζω-tól. A közönséges Oxygén Jódkálit tartalmazó keményítő s óldaton nem változtat. Ha ozonozott Oxygént bocsátunk az óldaton át, sötétkék színt nyer. Még kis mennyiségben is belélegzelve, erős náthát okozhat, veszélyesen megtámadja a légző szerveket. Nagyobb mennyiségben Ozon vilamos kiegyenlítődéseknel a levegőben is folytonosan keletkezik, s erélyes hatásánál fogva a levegőt szennyező anyagok elpusztításához hozzájárul.

Különböznek a fizikai tűnemények a chemiaiaktól abban is,

hogy némelyikök távolból való hatás által előidézhető, míg a chemiai tűnemények soha sem idézhetők elő távolról, csak közvetlen közelből: mikor a testek a legbensőbb érintkezésben vannak. Itt egy mágnesem van, mely drót tekercsben leng, nyers selyem szádra van fel-függesztve. Ha nyugodtan hagyjuk, bizonyos idő múlva állandó helyzetet foglal el: egyik sarka észak, másik délre mutat, és ha erősebb légáramlat nincs: helyzetét megtartja. De ha a dróttekeresbe elektromos áramot bocsátok, ez a távolból hatást gyakorol a mágnesre, elmozdúl helyzetéből és forgásba jő. Ilyen hatást a chemiai tűneményeknél nem észlelhetünk. Ha vizsgáljuk az áram hatását, a víz felbontását keletkező légnemek elegyére, akármicsoda erős áramnak tegyük ki a távolból, közöttük vegyi hatás végbe menni nem fog, de már egy piczi szikra elegendő hatás előidézésére, ha a szikra a légnemeken keresztül teszi meg útját. A durranó lég elrobban.

Két anyagot keverünk össze egymással, mindkettő fehér por. Ha a legjobban is összekeverjük, nem gyakorolnak egymásra hatást. De ha vizet töltünk e porra, igen intenzív hatás következik be. Miben állott a víz hatása? A szilárd testek legkisebb porszeme is millió számban tartalmazza még az egymással összefüggő molekulákat. A vízben a moleculahalmazok szétforgácsolódnak egyes molekulákra és így közöttük bensőbb érintkezés jön létre. Ezen érintkezés pedig szükséges, hogy vegyi folyamat keletkezzen. Itt van két légnem, mely intenzív hatást képes egymásra kifejteni; de a míg a legvékonyabb hártya által is el van egymástól zárva, semmi változás nem történik, csak akkor jöhet ez létre, ha ez anyagok egymással közvetlenül érintkeznek. Most eltávolítom a közbe tett csillámlemez. Milyen erős a hatás! A cső felmelegszik, sűrű füstöt látunk, mely lassanként szilárd por alakban lerakódik. Ez a Szalmiak, mely a Sósavgázból és Ammoniakgázból keletkezett. Aránylag nagy térfogatú két légnem igen kicsiny térfogatú szilárd testté lőn. Ennek következtében, ha a cső kihűl, ritkított térnek kell maradni és csakugyan a légnyomás annyira összetartja a két csövet, hogy széthúzni is alig lehet.

Egy más tűneményt is lesz szerencsém bemutatni. Ha Zinket Kénsavval hozunk érintkezésbe: a Zink és Kénsav chemiai megváltozáson megy keresztül. A Kénsavból Hydrogén válik ki és a Kénsav maradéka a Zinkkel egy új összetett testté alakul, a Zinknek a kén-

savas sójává. A tünetényt vetítve szemléltethetjük. Az edényben a Kénsav sok vízzel van hígítva, beletesszük a Zink pálczát. Ime: légbuborékok szállnak a kénsavból fel, és ha egy ideig benne hagyjuk a pálczát, tökéletesen eltűnik, a folyadékban foglaltatik kénsavas sója alakjában. Természetesnek látszanék, hogy ha egészen tiszta, koncentrált Kénsavat veszünk, hogy a hatás sokkal intenzivebb lesz s a Zink-pálcza eltűnése hamarabb következik be, a Hydrogén pedig rohamosabban fog fejlődni. Most egészen vízmentes Kénsavat töltötünk az edénybe: alig fejlődik Hydrogén, s kevés időre megszűnik egészen. Más lefolyást észleltünk tehát, mint a melyre következtetni jogosítva hittük magunkat.

Mi lehet az oka ennek? A Zinkrúd közelebbi megtekintése megadja a feleletet. A koncentrált Kénsav behatására igen vékony kéreggel lett bevonva és ez tökéletesen elég volt arra, hogy a Zinkre a Kénsav behatását megakadályozza. Ezen finom réteg a vegyi hatást tökéletesen megszüntette, mert a tömény Kénsavban oldhatlan, míg a hígított Kénsav azt feloldani képes.

* * *

Lehetnek azonban testek a legbensőbb érintkezésben is, a nélkül, hogy szükségképen vegyi hatás következne be közöttük. Az ilyen állapotban levő összetett testeket keverékeknek nevezzük. Keverékeket alkatrészeikből bárminő mennyiségi viszonyban készíthetünk. A keverék készítésénél sem hőváltozást nem veszünk észre, sem térfogatbeli változást, a keverék térfogata mindig egyenlő maradván alkatrészei térfogatának az összegével. A keverékben az egyes alkatrészek sokszor pusztán szemmel, kellő nagyításnál mindig megkülönböztethetők. Egymástól könnyen el is választhatók, p. ha vasport kénporral összekeverünk, mágnes pálczával kiszedhetjük a keverékből a vasport, vízzel iszapolással pedig elválaszthatjuk a könnyebb kénport a nehezebb vasportól. Vagy kioldhatjuk a kénport p. Szénkéneg által, a vas visszahagyása mellett. A keverék egyes alkatrészei külön-külön változtathatók meg vegyileg is. Ha a vas és kénporból álló keverékre híg Sósavat töltünk, Hydrogégáz fejlődik, a vas vegyi oldatba megy, egyesül a Sósav chlorjával s a Sósav másik alkatrésze a Hydrogén az, melyet fejlődni látunk. Elegendő Sósavval tö-

kéletesen eltávolíthatjuk a vasat s visszamarad változatlanul a kénpor, melyre a Sósav ilyen körülmények között nem hat.

A keverékekhez sokban hasonlóak a közönséges oldatok, a milyenek a különböző sók, a czukor stb. oldatai vízben, borszeszben, s egyéb folyadékokban, melyek rájuk vegyi hatást nem gyakorolnak. Az oldatban ugyan a feloldott test nem látható, még a legerősebb nagyításnál sem, de vegyileg változatlan állapotban van jelen az oldatban, s eredeti tulajdonságaival bir. Elválasztható könnyűszerrel az oldószertől, az utóbbinak elpároltatása által. Ha az elpárlás lassan megy végbe, a feloldott só moleculái a legtöbbször symmetrikus elrendezésben maradnak vissza, a só kristályalakot ölt.

Lényeges eltérés van azonban a keverékek és az oldatok közt az alkatrészek mennyiségi viszonyában. Az oldószerekben nem lehet valamely sóból bármennyit is feloldani, vannak az oldhatóságnak határai és pedig különbözők egy és ugyanazon oldószerral szemben különböző anyagú sók mellett és ismét mások, szemben más oldószerekkel. Az oldószér és az oldékony só sajátlagos természetén kívül ezen határra még egy körülmény bir befolyással, s ez a hőmérsék. A tapasztalat mutatja, hogy valamely oldószernek adott mennyiségében, adott temperaturánál, az egyes sókból bizonyos maximumig menő mennyiségek oldhatók föl; s a míg a hőmérsék ugyanaz marad, az illető maximumból — mely az egyes sóknál más és más érték — több semmi esetben sem oldódik. Az ily oldatokat, a melyek bizonyos temperaturánál a maximumot tartalmazzák a sókból, telített oldatoknak nevezzük. A hőmérsék megváltozásával változik a sók oldékonysága is, de minden hőfoknak egy és ugyanazon állandó maximum felel meg.

Észre lehet venni a sók feloldásánál hő és térfogatbeli változásokat is, a melyek némely esetben igen jelentékenyek is lehetnek. A közönséges oldatok tehát a míg egyrészt még közel állanak a keverékekhez, egyes sajátágaikban már lényegesen különböznek azoktól és mintegy átmenetet képeznek azon összetett testekhez, melyeket valóságos vegyületeknek nevezünk.

Légnemű testek is oldhatók folyadékokban, s ezen oldatok a sóoldatokkal rokontermészetűek és velők egy osztályba foghatók. A hőmérséknek itt is befolyása van a légnemű test feloldható mennyiségére, azonban ezen befolyás közönségesen ellentettje annak, a mely a sók oldatánál észlelhető. Rendszerint a sóknál a magasabb temperaturával az

oldhatóság emelkedik, míg a légnemű testeknél az oldhatóság alább száll. Légnemű testek oldhatóságára a temperaturán kívül még a nyomás is lényeges befolyást gyakorol és pedig a légnemű testek feloldható mennyisége a nyomással egyenesen arányos. Két atmosphaera nyomásnál két annyi, három atm. nyomásnál háromszorta annyi oldódik föl a légnemekből, mint egy atm. nyomása mellett.

Azoknál az összetett testeknél, melyeket valóságos vegyületeknek nevezünk, minden tekintetben lényegesen más viszonyokkal találkozunk.

A vegyületek alkatrészeiből mindig szigoruan meghatározott mennyiségi viszonyok szerint keletkeznek, melyek az illető vegyület állandósági határán belől teljesen függetlenek a hőmérsék és a nyomás befolyásától. Ez állandó viszonyok magyarázatát az atomtheóriában leljük. Mielőtt azonban e kérdést tüzetesebben ismertetném, előbb néhány kísérletet akarok bemutatni a vegyületek viszonyainak megvilágítására. A kén és vasporból nyert keverék tulajdonságai feltűnő megváltozást szenvednek, ha e keveréket egy ponton láng segítségével izzásba hozom. Üvegcsöbe töltöm a keveréket és tetejét lánggal érintem. Izzani kezd, a lángot eltávolítom. A keverék izzása nem szűnik meg, sőt mind lejjebb terjed, most már a cső egész tartalma élénken izzik. Kihűlése után kemény, fekete színű, erősen összeálló tömeget képez. Porrá töröm. A ként a vasportól a legerősebb nagyításnál sem különböztethetem meg többé. A mágnes többé nem húz ki belőle vasport; Szénkéneg nem old ki belőle ként; iszapolás alkatrészeit nem különíti el. Sósavat töltök reá. Légnemű test fejlődik, de nem szagtalan, mint a Hydrogén volt, ellenkezőleg, kellemetlen, romlott tojásra emlékeztető szaga van. Gyúlékony, mint a Hydrogén, de nemcsak szagnélküli vízgőz keletkezik égésénél, hanem az égő kénes gyufa szagát is érezzük. Hosszabb hengeres üvegben gyújtom meg; az edény falára sárga válmány verődik, kén. E légnem Ként és Hydrogént tartalmaz. A kén a vasporral e fekete testben, melyet előállítottunk, többé nem egyszerű keveréket képez, hanem valóságos vegyületet.

A midőn a keverékből vegyület lett, tökéletes megváltozáson ment tehát keresztül. A megváltozás kapcsolatos hőállapotbeli, rendszertint igen jelentékeny változással és számos esetben térfogatbeli változással is jár, mert a vegyület térfogata alkatrészei térfogatának az összegével nem egyenlő.

Vegyületben az alkatrészeket közvetlenül föl nem ismerhetjük, tulajdonságaik eltűntek s más egészen új tulajdonságokkal cseréltettek ki. Oly egyszerű, mechanikai módokon nem is választhatjuk el őket egymástól, mint a keverékek, a közönséges oldatok alkatrészeit. A legtöbb esetben jelentékeny erő szükséges az elválasztásra. De a vegyület alkatrészei nem is léphetnek egymástól függetlenül vegyi hatásba, mint a többi összetett testekéi, csak közösen, egyszerre. A vaskénegnek nevezett, ez imént általunk nyert vegyületből, nem oldhatjuk ki Sósavval, mint a keveréknél sikerült, a vasat, a kén változatlan visszahagyása mellett. A Sósav behatásánál ugyan felbomlik e vegyület, a vas oldatba megy, a Sósav chlórjával egyesülvén, mint a keveréknél, azonban vele egyidejűleg a tőle elválasztott kén is vegyül, egyesül a Sósav Hydrogénjével, ama kellemetlen szagú gázzá: a kénhydrogéné.

Fölötte karakteristikus és a vegyületeket a keverékektől és közönséges oldatoktól lényegesen megkülönbözteti, a vegyületek alkatrészeit képező elemek súlyviszonya. Vegyületeket ugyanis nem képezhetünk alkatrészeik bármekkora mennyiségéből, hanem csak bizonyos, szigorúan meghatározott mennyiségek szerint, a mely mennyiségek az egyes elemek jellemző sajátságát képezik. A vegyületekben az egyes elemeket mindig ezen jellemző súlyukkal találjuk, vagy pedig ezen súlyuknak kétszeresével, háromszorosával, szóval egész számú sokszorosával. Tört részek soha sem fordulnak elő; azt találjuk továbbá, hogy egy és ugyanazon vegyület, bármikép is állítsuk azt elő, mindig tökéletesen egyforma összetételű. Így a Sósavgázban mindig: 1 súlyrész Hydrogén van egyesülve 35·4 súlyrész Chlórral; a kénhydrogénben: $2 = 2 \times 1$ súlyrész Hydrogén 32 s. r. kénnel; a Vaskénegben: 56 s. r. vas, 32 s. r. kénnel; a Chlórnak kénnel képezett vegyében: a 32 s. r. kén $70\cdot8 = 2 \times 35\cdot4$ s. r. Chlórral.

Ezen feltűnő ténynek kielégítő magyarázatát megtaláljuk, mint már fönnebb említém, az atomtheóriában.

Az atomot oszthatatlannak és változhatatlannak tételezzük fel E szerint a vegyületek képezésében az elemek atomjai csak mint egészek és változatlanul vehetnek részt. Minden atom ponderabilis és a különböző anyagú elemek atomjai különböző súlylyal bírnak. Ezeket a súlyokat a t o m s ú l y o k n a k nevezzük. Ha az

egy-egy atomok abszolút súlyát ma nem is határozhatjuk még meg, viszonylagos súlyaik ismeretét mégis megszerezhetjük. Hogy ez mi módon történhetik meg, arról későbbben szólni fogok. Fogadjuk el egyelőre, hogy ezen súlyértékek ismeretesek. E tábla tartalmazza az értékeket:

A kémiai elemek atomsúlya nagyság szerint rendezve.

<i>Az elem neve</i>	<i>Jegye</i>	<i>Atomsúly</i>	<i>Vegy-érték</i>	<i>Az elem neve</i>	<i>Jegye</i>	<i>Atomsúly</i>	<i>Vegy-érték</i>
Hydrogen	H	1.00	I.	Niobium	Nb	94.2	V.
Lithium	Li	7.030	I.	Molybdän	Mo	95.9	VI.
Beryllium	Be	9.10	II.	Rhodium	Rh	103.05	IV.
Bor	B	11.0	III.	Ruthenium	Ru	103.8	IV.
Carbonium	C	12.00	IV.	Palladium	Pd	106.0	IV.
Nitrogen	N	14.041	III. (V).	Argentum	Ag	107.938	I.
Oxygen	O	16.00	II.	Cadmium	Cd	112.08	II.
Fluor	F	19.01	I.	Indium	In	113.7	IV.
Natrium	Na	23.058	I.	Stannum	Sn	118.12	IV.
Magnesium	Mg	24.38	II.	Stibium	Sb	120.29	III. (V).
Aluminium	Al	27.08	IV.	Tellur	Te	125.2	II.
Silicium	Si	28.06	IV.	Jod	J	126.864	I.
Phosphor	P	31.03	III. (V).	Cäsium	Cs	132.88	I.
Sulfur	S	32.063	II.	Baryum	Ba	137.04	II.
Chlor	Cl	35.453	I.	Lanthan	La	138.5	IV.
Kalium	K	39.136	I.	Cer	Ce	141.5	IV.
Calcium	Ca	40.00	II.	Didym	Di	145.	IV.
Scandium	Sc	44.09	—	Samarium	Sa	150.2	—
Titan	Ti	48.12	IV.	Erbium	Er	166.0	IV.
Vanadium	V	51.21	V.	Decipium	Dp	171.	—
Chrom	Cr	52.3	IV.	Ytterbium	Yb	173.2	—
Mangan	Mn	55.02	IV.	Tantal	Tn	182.8	V.
Ferrum	Fe	56.00	IV.	Wolfram	W	184.0	VI.
Nickel	Ni	58.5	IV.	Iridium	Ir	193.11	IV.
Cobalt	Co	59.1	IV.	Platin	Pt	194.83	IV.
Cuprum	Cu	63.33	II.	Aurum	Au	196.7	III.
Zink	Zn	65.38	II.	Osmium	Os	200.0	IV.
Gallium	Ga	69.9	IV.	Hydrargyrum	Hg	200.4	II.
Arsen	As	75.0	III. (V).	Thallium	Tl	204.146	I.
Selen	Se	79.07	II.	Plumbum	Pb	206.911	II. (IV).
Brom	Br	79.963	I.	Bismuth	Bi	208.01	III. (V).
Rubidium	Rb	85.44	I.	Norvégium	Ng	219.0	—
Srontium	Sr	87.52	II.	Thorium	Th	233.	IV.
Yttrium	Y	89.0	III.	Uran	U	239.	IV.
Zirkonium	Zr	90.7	IV.				

A vegyület képződését a különböző elemek atomjaiból immár úgy foghatjuk föl, hogy az elemek moleculái egymással bizonyos kedvező körülmények között érintkezvén, kölcsönösen kicserélik atomjaikat. Így p. a Hydrogén-molecula a Chlor-moleculával; az eredmény két új molecula lesz, ez esetben a Sósavgáz moleculái. Az elemek tehát atomsúlyaik által kifejezett anyagi mennyiségekben egyesülnek egymással vegyületekké. Ez az ismeret az egyszerű súlyviszonyok törvényének neveztetik. Mivel pedig az atom súlyából semmiféle körülmények között sem veszíthet, világos, hogy a keletkezett vegyület moleculájának súlya egyenlő az őt alkotó atomok súlyának összegével.

De történhetik az egyesülés kettőnél több atom között is, föltéve, hogy ezen atomok között legalább egy olyan van, a melynek vonzása kifelé egynél több irányban képes hatást gyakorolni. Ilyennek ismerjük p. az Oxigén atomját, melynek vonzása két irányban hat kifelé, míg a Hydrogén a Chlor atomjainál ez csak egy irányban történik. Az Oxigén tehát két Hydrogén, vagy két Chlor-atommal egyesülhet. Ilyen vegyülete az Oxigénnek a víz $H-O-H$, a Chlor-monoxyd $Cl-O-Cl$. Vannak atomok, a melyeknek vonzó ereje kettőnél több irányban is gyakorolhat hatást; ilyen például a Nitrogén, mely három, a Szén, mely négy irányban gyakorol vonzást; az ilyen több vonzási iránynyal — úgynevezett vegyi értékkel — rendelkező atomok között természetesen igen számos vegyület-combinatio jöhet létre. De mindezen vegyületekben az atomok mindig mint egészek, tehát eredeti súlyokkal szerepelnek. Az egyszerű súlyviszonyok törvényét ennek folytán ki kell még egészítenünk egy másodikkal, a sokszoros súlyviszonyok törvényével, melyet következőleg fogalmazhatunk: az elemek atomsúlyaiknak egyszerű egész számokkal képzett sokszorosai szerint egyesülnek egymással.

A vizen kívül ismerünk még egy vegyületet az O. és H. között, ennek moleculájában 2 atom O. és 2 atom H. van, ez a Hydrogénsuperoxyd. Ennek már egészen más tulajdonságai vannak, mint a víznek. Könnyen felbomlik, elbocsátva egyik Oxigénjét. A belőle ilyenkor kiszabaduló Oxigén hatásos élenyítéseket képes eszközölni, számos festőanyagot eléget, elbont. Így az emberi haj fekete festőanyagát is. A Hydrogénsuperoxyddal mosott barna vagy fekete

haj aranyszőke színt nyer. Innen alkalmazása toilleszerűl. Ha ellenben O-dús anyagokra talál, olyanokra, a melyek Oxygénjüket nem erősen tartják lekötve, a Superoxydból kiszabaduló Oxygén elvonja annak a másik anyagnak is az Oxygénjét, hogy vele Oxygénmoleculát képezzen. Igy hat p. a barnakőre, az ezüstoxydra.

Más anyagokra ismét oxydálólag hathat, átadja nekik fölös Oxygénjét, mint p. a Chromsavnak, mely szép kék színű vegyületté lesz. Ezen hatása alapján még nyomokban is felismerhető.

A Nitrogén is képez az Oxygénnel több egymástól tulajdonságaikban lényegesen eltérő vegyületet. Ilyenek a Nitrogénoxydul (kéjgáz); a Nitrogénmonoxyd; a dioxyd; a trioxyd és a pentoxyd, melyeknek moleculáiban a Nitrogén és Oxygén-atomok száma 2:1, 1:1, 2:3, 2:4, 2:5.

Mindezen példákból, a mig egyrésről a sokszoros súlyviszonyok törvényét bizonyítják, azt is látjuk, hogy egy és ugyanazon tulajdonságok szükségképen föltételezik a molecula ugyanazonos összetételét. A chemiában ez ismeret az állandó súlyviszonyok törvényében nyer kifejezést, mely szerint egy és ugyanazon vegyület moleculájának qualitás és súlyszerinti összetétele mindig szigorúan ugyanaz, az atomok benne mindig változtatlanúl ugyanazon mennyiségi viszonyok szerint foglaltatnak.

Ez a három törvény képezi a vegysúlytan változhatlan és örökké igaz alaptételét. Igaz és változhatlan a minden hypothesistól ment folytonos tapasztalás bizonyosága szerint. Benne az anyag öröktől fennálló és maradó törvényei nyilatkoznak meg. Mert akár az atomelmélet alapján álljunk, segélyével világítva meg e törvények szükségszerűségét, akár bármely más fogalmat alkossunk magunknak az anyag szerkezetéről, csak a magyarázat, a felfogása ezen tényeknek változik meg, magok a tények változtatlanok.

A mérleg nem csal, s ez igazságok a mérleggel lettek fölismerve.

II. *)

A légnemű halmaz állapot. Légnemű vegyületek térbeli viszonyai. Boyle-Mariotte és Gay-Lussac törvénye. Avogadro-Ampère törvénye. A moleculasúlyok és az atomsúlyok meghatározása Avogadro törvénye alapján. Az egyszerű testek moleculái. A higany moleculája egyatomos s az ezen ismeretből vonható következtetések. Felbomlás nélkül légnemű állapotba nem hozható vegyületek moleculasúlya meghatározható Raoult törvénye alapján.

Chemiai symbolumok. Az alchymia hajdani és a chemia mai nyelve. Vegyi egyenletek.

Chemiai analysis. A minőleges vegyelemzés módszerei. Szinképelemzés és szerepe a csillagászatban.

A mult alkalommal jelentékeny magaslatra emelkedtünk a chemia terrenumán. Messze látótér nyílt meg előttünk, nem egy pont indított hosszabb időzésre, mélyebb gondolkodásra. Ma hosszú, fárasztó útunk van és azért késedelem nélkül munkához kell látunk. Még magasabb csúcsra kell emelkednünk, hogy a panorámát egész nagyszerűségében élvezhessük. A csúcs közvetlenül előttünk van. Hetven és néhány évvel ezelőtt, 2 merész turista szállott fel legelőször rá. Utánuk szinte 40 éven át alig 1—2 birkózott meg a feladattal; mi egészen kényelmesen juthatunk fel. Oly kényelmesen, mint akár a Rhigire, körülhordva szemünket a fenséges tájon, Entistől regényes klastromával a jeges Jungfrau, Wetterhorn s a többi havasok várkoronáján át egészen azon völgybe le, hol Schweiz szabadsága felvirult: Tell Vilmos kápolnájáig.

A molekulák és atomok csodás országába kísértem meg bevezetni a m. t. k. Azon kicsi lények országába, hol ugyanazon törvények uralkodnak, mint a természet egyéb országaiban; hol a küzdés a létért ép oly elkeseredéssel folyik, mint folyik a szerves organizmusok között; hol az erős ép úgy legyőzi a gyöngét, de nem semmisítheti meg, hanem oly állapotba tereli, mely természetének, erélyviszonyainak megfelelőbb.

*) 1889. márczius 9-ikén tartott népszerű előadás.

Hogy a molekulák országában közelebből tájékozhatjuk magunkat, hogy ezeknek sajátosságait behatóbban felismerjük, szükséges, hogy őket olyan állapotban figyeljük meg, melyben lehetőleg függetlenül egymástól egyéni természetüket érvényesíthetik. A molekulák ilyen körülmények közt a légnemű halmaz állapotban vannak.

A légnemű halmaz állapotban szabadon mozoghatnak, elterjednek a térben, s bármekkora tért egyenletesen betöltenek. A távolságok, melyek a molekulák között fennállanak, viszonyítva a molekulák nagyságához, igen nagyok, ennek folytán a vonzás, melyet a molekulák egymásra gyakorolnak igen csekély, eltűnő. Mert a vonzás a távolság négyzetével fogy. Két akkora távolságban az eredetinek nem fele, hanem negyedrésze, három akkora távolban kilencedrésze stb.

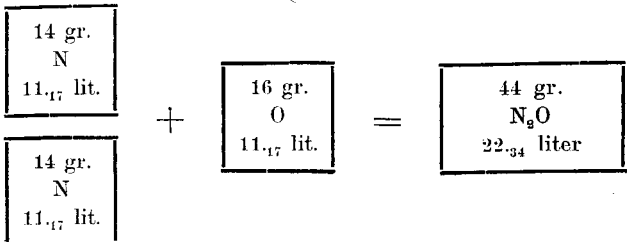
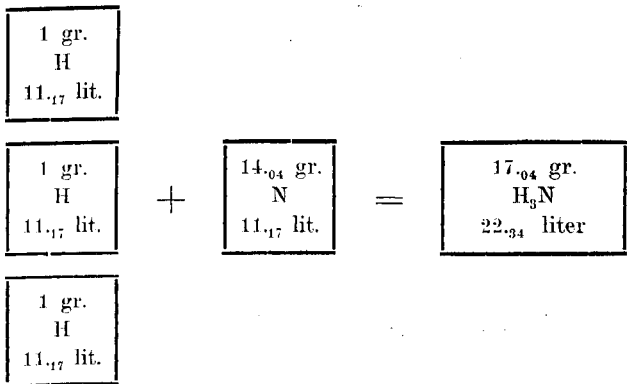
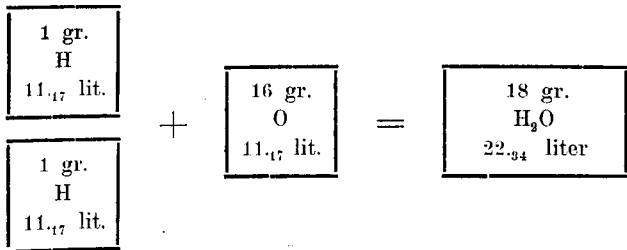
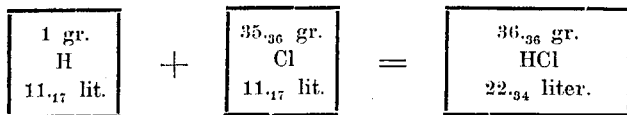
A légnemű elemek egyesülése vegyületekké igen egyszerű térfogati viszonyok szerint megyen végbe. Ezt már a század elején constataáltak (Gay-Lussac 1808). Így a Hydrogén két térfogata egyesül épen 1 térfogat Oxygénnel vízzé, mely gőz állapotban 2 térfogatot tölt be, tehát 1 térfogattal kevesebbet, mint alkotórészeinek térfogata az egyesülés előtt. A Sósavgáz keletkezésénél 1 térf. Hydrogén vegyül 1 térf. Chlórral, 2 térf. Sósavgázzá; ez esetben nem történik összehúzódás. Az Ammoniák létrejön 3 térf. Hydrogén és 1 térf. Nitrogén gáz egyesüléséből ismét jelentékeny összehúzódással, a mennyiben a nyert Ammoniákgáz csak fél akkora térfogatot tölt be, mint alkotórészei az egyesülés előtt; tehát 4 térfogatból lesz 2.

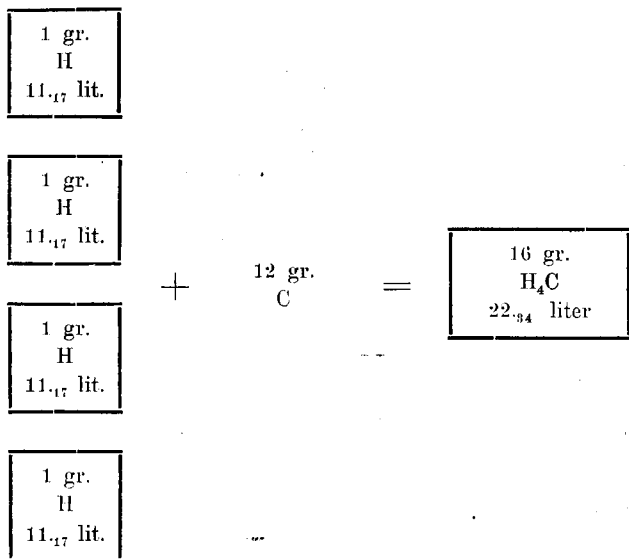
A Nitrogén-oxydul képződik 2 térf. Nitrogén gáznak 1 térf. Oxygén gázzal egyesüléséből, az alkotórészeknek újból 2 térfogatra összehúzódása mellett. A Mocsárlég 2 térfogatának képzésére 4 térf. Hydrogén és 12 súlyrész (1 atom) Szén szükséges. A Szén térfogatát gázalakban nem ismerjük, mivel azt eddig légneművé alakítani nem sikerült.

Az alanti táblában egyforma négyszögű idomokkal fejeztük ki e viszonyokat, az alapul vett szabályos négyszög alatt az 1 gr. Hydrogén által betöltött tért értve, mely a valóságban 11,17 litert tesz. A többi szabályos négyszögek is, az illető elemeknek egy — grammokban vett — atomsúlya által betöltött tért jelentik, mely ezen elemek mindegyikénél tényleg épen akkora, mint a Hydrogennek grammokban vett egy atomsúlya, tehát 1 gr. Hydrogén által elfoglalt tér. Eme viszonyokat kísérletileg igazolhatjuk.

(Kísérletek a Víz, Sósav és Ammoniák képződése és felbontására.)

Ábra I.





A légnemű anyagok physikai tulajdonságaiban is feltűnő szabályosságok mutatkoznak. Két buvár Boyle és Mariotte már régen (1662) kimutatta azt, hogy valamennyi gáz egyforma módon változtatja meg térfogatát nyomás behatására. Bár milyenek legyenek a légnemű anyagok, egyszerűek vagy összetettek mind egyenlő módon viselkednek a nyomással szemben Ha 1—1 liternyit mérünk le belőlük s két akkora nyomás alá teszszük, mint a mekkora légnyomásnál lemértük, mindenikök 1/2 liternyi térfogatra húzódik össze; 3 akkora nyomásnál 1/3-ad literre stb., s ha fél olyan nyomást gyakorolunk rájuk, mint az eredeti volt, mindenikök 2 literre fogkitágulni. Szóval a gázok térfogata a nyomással fordított viszonyban van.

Egy más törvényesség mutatkozik a légnemű anyagok magatartásában a hővel szemben. Valamennyi gáz, ha hőmérsékét egyenlő mérvben emeljük, térfogatának ugyanazon hányadrészevel tágul ki. Ezen törvényt felfedezője után — Gay-Lussac (1802) törvényének nevezzük. Mi lehet az oka mind eme szabályosságoknak a gázok magatartásában?

Erre 1811-ben egy turini tanár A madeo Avogadro s tőle függetlenül három évvel később A m p è r e, azzal a hypothesisal fe-

lett, hogy egyforma hőmérsékű és egyforma nyomás alatt levő gázok egyenlő térfogataiban egyenlő számú molecula van. E föltevessel a gázok egyforma magaviselete valóban a legegyszerűbben magyarázható, és pedig mind chemiai, mind physikai tekintetben. A kor, melyben ezen hypothesis ki lett mondva, még nem volt megérve méltánylására, a chemiára kiható nagy fontosságát pedig épenséggel nem látták át. Negyven évig csaknem teljes feledésben volt, a midőn váratlanúl, egészen más természetű és pedig mathematicai physikai vizsgálatok elodázhatlanúl előtérbe állították s e föltevés lényegének a valóságot megközelítő valószínűséget kölcsönöztek. Az erő egységének és főnmaradásának nagyszerű törvénye volt az, a melynek folyamánként áll most Avogadro tétele. A tényeknek azóta fölfedezett ezrei egyöntetűen összhangzásban vannak vele, mind megerősítik, egyetlen kivétel sincs ellene. Ha majd alkalnam fog nyilni azon tényekre rámutatni, azon gyakorlati, megbecsülhetlen eredményekre, a melyek mind e törvény felismerésének köszönhetők, hiszem, hogy önököt is meggyőzhetem e törvény nagyszámú fontosságáról.

Most csak egyet akarok kiemelni, egy szükségképeni consequentiát, melyet Avogadro törvényéből le kell vonnunk. Egy oly consequentiát, mely az elméleti vegytant átalakította, melyen az egész modern elmélet nyugszik s a melynek első sorban köszönhetjük a szerves vegytan bámulatos kifejlődését.

Ha a légnemű anyagok egyenlő körülmények között levő egyenlő térfogataiban a moleculák egyenlő számmal foglaltatnak, akkor a légnemek egyenlő térfogatainak súlyai, szükségképen oly arányban állanak egymással, mint moleculáiknak a súlyai. Ha 1 liter H. O. N. CO₂. CH₄ stb. mind egyforma számú H. O. N. CO₂. CH₄. stb. moleculát tartalmaz, akkor az 1 liter H. O. N. CO₂. CH₄. súlya oly viszonyban van egymáshoz, mint az egyes moleculáknak a súlya.

Tehát a moleculasúlyok relativ értékét határozhatjuk meg Avogadro-Ampére törvénye alapján.

A legközelebbi kérdés most az, hogy a légnemű anyagok mekkora térfogatát választjuk a moleculasúlyok egységeül?

Bizonyos megfontolások azon megállapodást eredményezték, hogy

a moleculasúlyok térfogati egységeül a Sósavgáznak, mint a legegyszerűbb összetételű vegyületek egyikének azon térfogata veendő, a melyben épen 1 gramm Hydrogén foglaltatik. 1 gramm Hydrogén pedig — mint már előbb is láttuk — 22.34 liter Sósavgázban van. 1 gramm Hydrogén 35.4 gramm Chlórral egyesül 36.4 gramm Sósavgázzá, a mely 22.34 liternyi tért tölt be. A sósavgáznak 22.34 literében tehát egy gramm-moleculasúlynyi Sósav van. Minden más gáz 22.34 litere is, — miután épen annyi moleculát tartalmaz, mint a Sósav ugyanannyi literben — az illető anyagból egy gramm-moleculasúlynyit foglal magában.

A következő táblában néhány ismertebb vegyületre vonatkozólag van bemutatva az első számrovatban a gramm-moleculasúly, az az grammokban kifejezve azon mennyiség, mely 22.34 liternyi tért tölt be. A következő rovatok tartalmazzák az illető vegyületben foglalt alkatrészek gramm-mennyiségét, melyeknek összege a vegyületek gramm-moleculasúlyával szükségképen egyenlő, mivel a moleculasúlyt az alkatrészek mennyiségének összege képezi.

<i>A vegyület neve</i>	<i>22.34 liter súlya grammokban</i>	<i>Hydr.</i>	<i>Oxyg.</i>	<i>Nitr.</i>	<i>Chl.</i>	<i>Szén</i>
Sósav	36.4	1	—	—	35.4	—
Víz	18	2	16	—	—	—
Ammoniak	17	3	—	14	—	—
Eczetsav	60	4	32	—	—	24
Chloraethyl	64.4	5	—	—	35.4	24
Alkohol	46	6	16	—	—	24
Aether	74	10	16	—	—	48
Szénoxyd	28	—	16	—	—	12
Szendioxyd	44	—	32	—	—	12
Cyan	52	—	—	28	—	24
Aethylénchlorid	98.8	4	—	—	70.8	24
Chloroform	119.2	1	—	—	106.2	12
Szén-tetrachlorid	153.6	—	—	—	141.6	12
Nitrogen-trioxyd	76	—	48	28	—	—
<i>Elemek:</i>	Hydrogén	2	—	—	—	—
	Oxygén	32	—	—	—	—
	Nitrogén	28	—	—	—	—
	Chlor	70.8	—	—	—	—

Az egyes alkatrészeknek azon legkisebb mennyiségét, mely vegületeikben előfordúl, az illető alkatrész atomsúlyának tekintjük. Az Oxygén atomsúlya e szerint 16, a Nitrogéné 14, a Chlór é 35.4, a Szén é 12.

E táblából olvasható ki egyszersmind a sokszoros súlyviszonyok törvénye is, melylyel a multkor foglalkoztunk.

A légnemű elemek gramm-moleculásúlya — mint a táblából kitünik — épen kétszerese atomsúlyuknak, így a Hydrogén, Oxygén, Nitrogén, Chloré. Moleculájukat tehát két-két atomból állónak kell tekintenünk.

Megfigyeléseinket ugyanezen szellemen egyéb elemekre és vegületeikre is kiterjesztve, azt találjuk, hogy vannak olyan elemek is, a melyeknek moleculája 4 atomból áll, ilyen a Phosphor és az Arsen. De találunk három olyan elemet is, a melynek moleculásúlya egyforma nagy az atom súlyával, moleculájuk ennél fogva csak egy atomból álló lehet, az az ezeknél a molecula az atommal egy és ugyanazonos. Ez a három elem a Higan y, Zink és a Cadmium.

Kell, hogy az egyatomos moleculák a többatomosokkal szemben bizonyos tekintetekben különböző magaviseletet tanúsítsanak, így nevezetesen a hő tekintetében. Ha több atomos moleculákkal bíró gázt melegítünk, a meleg egy része a moleculák mozgásának gyorsítására használtatik föl, egy más bizonyos része a melegnek pedig a moleculákban foglalt atomok mozgásának élénkítésére. Egy atomos moleculáknál ez utóbbi meleg részlet elesik, tehát kevesebb meleg lesz szükséges ugyanazon hőállapot előidézésére, mint a több atomos moleculáknál. Sikerült az egy- és több-atomos moleculák által igényelt hő mennyiségének ezen különbségét kiszámítani. Megállapították mathematicae azon értéket, mely az egyatomos gázok által bizonyos hőhatások előidézésére szükséges. Ha kísérleti úton ezen kérdés meg lenne közelíthető és az tünnék ki, hogy az Avogadro hypothesis alapján ama három elem (Hg. Zn. Cd.) egy atomosságára levont következtetés, ezen elemek physikai magatartásának tényleg megfelel, ha a tapasztalat ama bizonyos hőállapotra vonatkozólag, a mathematicailag előre látott értéket tényleg igazolná, azt kellene következtetnünk, hogy ezen elemek moleculái nem csak hypothetice, hanem a valóságban is egy anyagi pontból állók, egy atomosok. De mivel továbbá az egyatomos moleculák fölvételére, azon

lánczolat egyszerű kapcsában jutottunk, hogy a Hydrogén, az Oxygén stb. moleculák kétatomosak, visszafelé ezekre nézve is be lenne bizonyítva, hogy moleculájuk tényleg két-két atomból áll. S még tovább menve a lánczolatban, maga Avogadro tétele is s vele együtt az egész atomtheoria, a mely ilyen subtilis kérdésekben is teljes biztonsággal megállja helyét, hitelében, czélirányos, szükséges voltáról alkotott meggyőződésünkben, kellene, hogy rendkívül emelkedjék.

Két physikus Kund és Warburg immár kísérleti úton igazolták a mathezis sublimior előrelátását. Ugyanazt az értéket nyerték, a melyet a számítás követelt.

* * *

Avogadro törvénye alapján a légnemű anyagok moleculájának relativ súlyát meg lehet határozni. Grammokban kifejezve nyertük, meghatározván az illető légnem 22.34 literének súlyát. De számos cseppfolyós és szilárd anyag moleculájának súlyát is megtudhatjuk ez úton, ha ezen anyagok melegítés által, felbomlás nélkül elgőzöltethetők. A tapasztalat ugyanis azt mutatta, hogy a gőzök is kellő magas hőmérséknél — 40—50 fokkal az illető folyadék forrpontja felett — a gázok módjára viselkednek, tehát Avogadro törvénye reájuk is alkalmazható.

Van azonban igen számos anyag, mely fölbomlik, midőn gőzzé alakítjuk; ezen anyagok moleculasúlyát az iméntiekkel azonos módon nem lehet meghatározni. Hosszú ideig csakis vegyi átalakulásaik összehasonlító tanulmányozása alapján volt lehető az ilyen anyagok moleculasúlyára kisebb-nagyobb valószínűséggel következtetést vonni. Ma előbbre vagyunk e téren is. Rendelkezünk immár oly ismeretekkel, a melyek lehetővé teszik számos bomlás nélkül el nem párologtatható anyag moleculasúlyát meghatározni.

Már a múlt században ismeretes volt azon tény, hogy a víz alacsonyabb hőfoknál fagy meg, ha valamely sót oldva tartalmaz, mint tiszta állapotban, sőt 1788-ban Blagden angol physikus kimutatta, hogy a fagyponthőfokának leszállása igen sok esetben a feloldott anyag mennyiségével arányos. Azóta számos buvár foglalkozott e fontos kérdéssel, a nélkül azonban, hogy valamely általános érvényű szabályosságot sikerült volna megállapítaniok. Szerencsésebb

volt elődeinél Raoult F. M. grenoblei tanár, a ki 1880-ban fölvette e vizsgálatok fonalát, s néhány évi odaadó munka árán teljes világhírességet derített e folyományaiban nagy horderejű kérdésre. Fő figyelmét a szén nagyszámu vegyületeire irányozta, kutattván az összefüggés után, mely különböző oldataik fagypontja és mennyiségük között, mely az oldatban foglaltatik, fönnforog. Buvárlatainak első eredménye a következő tételbe foglalható össze:

Minden szilárd, cseppfolyó vagy légnemű test, midőn oly folyadékban, mely reá vegyileg nem hat, föloldatik (közönséges oldat), annak fagypontját leszállítja s a leszállítás egyenesen arányos a feloldott anyag mennyiségével és fordítva arányos az oldószer mennyiségével, azaz, minél többet oldunk föl valamely testből, annál lejjebb szorítjuk oldata fagypontját és minél több az oldószer mennyisége, annál kisebb értékkel száll le a fagypontja.

Tanulmányainak folytatása ritka sikerrel járt. Megszerezte működésének a legékezebb koronát, egy általános érvényű törvénynek, az oldatok megfagyása törvényének fölismerésével. E törvény szerint: Bármely anyag 1 moleculája, ha bármely reá vegyileg nem ható oldószer 100 moleculájában föloldatik, ez utóbbinak megfagyási hőfokát egyenlő hőfok értékkel szállítja le. Ezen leszállítási érték 0.63° Celsius.

Könnyű belátni, hogy a törvény módot nyújt mindazon anyagok moleculasúlyának meghatározására, melyek vízzel vagy valamely más oldószerrel közönséges oldatot képezhetnek. *)

*) Miután a fagypont leszállítása, a depressió, a feloldott anyag mennyiségével egyenesen, az oldószer mennyiségével pedig fordítva arányos, ha p gramm anyag f gramm oldószerben d depressiót idéz elő, az 1 gr. anyag által 100 gr. oldószerben előidézett D depressiót illetve áll:

$$D: \frac{1}{100} = d: \frac{p}{f}; D \text{ felé megoldva:}$$

$$D = \frac{df}{100} = \text{a depressió coefficiense;}$$

D megszoroztatván az illető anyag moleculasúlyával M -mel, adja a moleculadepressiót T -t

Az oldatok megfagyása törvényének fölfedezése után, közelfekvő gondolatot képezett azon föltevés, hogy a szilárd testek keverékeinek megolvadásánál is hasonló szabályosság foroghat fönn, mely, ha tényleg kimutatható, szintén nyerhetne alkalmazást moleculasúlyok meghatározására. Vizsgálatokat tettem, főrészt Dr. Nyiredi Géza tanársegéddel ez irányban, a melyekből csakugyan az derült ki, hogy a Raoult által az oldatok megfagyására megállapított törvény, keverékek olvadópontjára is érvényes. Úgy, hogy most az olvadópont lezállásának kísérleti meghatározása által is lehetséges számos anyag moleculasúlyát megállapítani. Sőt gyakran nagy előnnyel, mert rendkívül kevés anyag elegendő már a meghatározás keresztülviteléhez.

* * *

Ha arra lennénk útalva, hogy az anyagok vegyi megváltozásának folyamatait, az egymásra ható és az egymásra hatásból eredményezett anyagok minőségét, azoknak mennyiségi viszonyát és egyéb, a vegyi tűneményekkel kapcsolatos ismereteket oly módon fejtsük ki és írjuk le, mint valamely természetrajzi ismeretet, nyelvészeti tárgyat vagy történelmi tény, rendkívüli nehézségekkel kellene megküzdenünk s nagy akadály gördítenék a tudomány haladásának útjába. Mennyi szót venne igénybe bármely egyszerű vegyi folyamat körül szerzett ismeretünk, s hány kötetre terjedne valamely nagyobb szabású bűvart részletes leírása. Külön alphabetumot, külön nyelvet kellett a chemiának saját szükségleteire teremtenie. Teremtője Berzelius volt, a század első felében élt nagy svéd chemikus. Csaknem oly egyszerű e nyelv, mint a mennyiségi viszonyok nyelve, melynek al-

$$D \times M = T \text{ s innen}$$

$$M = \frac{T}{D}$$

azaz, a moleculasúlyt megkapjuk, ha a választott oldószerre vonatkozó molecula-depressiót elosztjuk, az oldószer 100 grammjában feloldott 1 gr. anyag által előidézett depressióval.

A kísérletek végrehajtásánál nem szükséges, hogy épen 1 gr. anyagot oldjunk föl 100 gr. oldószerben, sőt a legtöbb esetben előnyösebb, hogy kellő nagy depressiót nyerjünk, 1 gr.-nál jóval többet feloldani. Az észlelt depressiót aztán 1 gr.-ra vonatkozólag számítjuk ki.

A T értéke a víznél 19, Benzolnál 49, Ecetsavnál 39 stb.

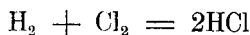
phabetuma a tiz számjegy, és szerencsésebb, mint a nyelvek nyelve, a volapük, mert megállapítása óta valóban nemzetközi jellegű. Pár symbolummal a tények halmaza írható le, s minden nemzet fia, föltéve, hogy bírja e nyelvet, félreértés nélkül egy és ugyanazt olvassa ki belőle.

A chemiai nyelv alphabetumát a chemiai elemek neveinek kezdő betűi képezik. Az egyforma betűvel kezdődő elemek megkülönböztetésére az első betűhöz még egyet függesztünk az illető elem nevéből. Így *N* magában Nitrogént jelent, *Na* Natriumot, *Nb* Niobiumot; *C* a Carbonium, *Ca* = Calcium, *Ce* = Cerium, *Co* = Cobaltum, *Cu* = Cuprum, *Cd* = Cadmium, *Cl* = Chlorum, *Cr* = Chromum, *Cs* = Caesium.

Valamint a régi nyelvek némelyikében egyes betűk számértékkel is bírnak, a chemiai alphabetum betűi is és pedig mindegyik a minőségén kívül mennyiséget is jelent, 1 atomot; egy atomsúlynyi mennyiséget az illető anyagból. Így a Natrium symboluma *Na*, 1 atom Natriumot, 23 súlyrész Natriumot jelent; *C* = 1 atom = 12 s. r. szén stb. A vegyületek neveit, a chemiai nyelv szavait a betűkből képezzük, azoknak egymás mellé írásával. Mondatainkat, vegyi tényekről való ismereteinket, vegyi átváltozások folyamatait a chemiai szavak megfelelő csoportosítása által alkotjuk meg. Mivel a symbolumok valamennyien mennyiségeket is jelentenek, mondatainknak mathematicai formát adhatunk, kifejezhetjük azokat — támaszkodva az anyag megmaradásának törvényére — a mathematicai egyenletekhez hasonló, *chemiai egyenletek* alakjában. Az egyenlőség jelének baloldalára írjuk az egymásra ható anyagokat, neveiket összekapcsolva a mathematicai és szócskát képviselő, összeadást jelentő + jellel; a jobboldalra tesszük az illető folyamatban vagy vegyi átalakulásnál eredményezett testek symbolumait. Ha valamelyik moleculában egy elemből több mint egy atom fordul elő, az illető elem symboluma mellé jobbról alant kis számjegyet írunk szorzóul, mely mutatja, hogy hány atom szerepel azon elemből az illető moleculában; ha pedig valamely vegyi folyamatban valamely vegyületből egynél több molecula vesz részt, vagy zárjelezzük a molecula symbolumát — képletét — s a zárjel lábához jobbról és kívülről írjuk a szorzót, vagy pedig zárjelzés nélkül a molecula képlete elé írjuk s ez esetben nagyobb alakban a számjegyet, a melylyel a

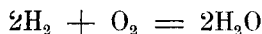
molecula megszorozandó. Zárjeleket szokás használni bonyolodottabb vegyületek bizonyos atomcsoportjainak kiemelésére is oly esetekben, midőn az illető vegyi átalakulásban ezen atomcsoportok változatlan összefüggésben lépnek ki a moleculából. Végül használjuk a , jegyet is, bizonyos vegyületek egyes alkatrészeinek egymástól elkülönített kimutatására.

Az előadott elvek alapján fölirom azon vegyi egyesülések folyamatait, melyeknek térbeli viszonyaival az elébb foglalkoztunk.

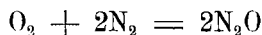
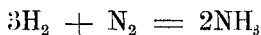


Két atom, azaz egy molecula Hydrogén, 2 súlyrész, vagy konkrét esetünkben 2 gramm Hydrogén, mely 22.34 litert tölt be, és egy molecula, $2 \times 35.4 = 70.8$ gr. Chlór-gáz, mely szintén 22.34 liternyi tért foglal el, egymással egyesülvén, létesít 2 molecula, $2 \times 36.4 = 72.8$ gr. = $2 \times 22.34 = 44.68$ liter térfogatnyi Sósav-gázt.

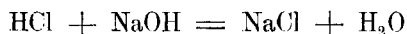
Hasonló módon értelmezendők a következő folyamatok:



2 molecula Hydrogén és egy molecula Oxygén stb.



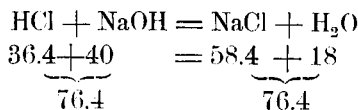
Fejezzük ki végül még symbolumainkkal azon vegyi folyamatot, mely a Sósav behatásánál Nátronlúgra megy végbe.



1 molecula = 36.4 gr. Sósav, midőn 1 molecula = 40 gr. (Na = 23 gr. + O = 16 + H = 1 = 40) Nátronhydrátra hat, képez 1 molecula = 58.4 gr. (mivel Na = 23; és Cl = 35.4) Chlór-natriumot és 1 molecula = 18 gr. vizet.

Mivel vegyi megváltozásoknál az anyag összes mennyisége mindig változatlanul megmarad, az egymásra ható anyagok összes mennyiségének egyenlőnek kell lennie, az eredményezett anyagok mennyiségeinek összegével; vegyi egyenleteink e tekintetben tehát helyesek, ha az egyenlőség jelének baloldalán foglalt anyagok összes mennyisége egyenlő

a jobboldalt levő anyagok összes mennyiségével. Fönnebbi egyenleteink mind megfelelnek e követelménynek, p.:



Csak az anyagok combinációja más és más az egyenlőség jelének két oldalán, esetenként a tapasztalati tényeknek megfelelően, valamint a mathematicai egyenletekben a számjegyeknek combinációja különböző az egyenlőség jelének jobb és baloldalán, de az összeg a két oldalon egymással szükségképen egyenlő kell hogy legyen.

Mekkora haladást és milyen egyszerűséget tüntet föl a mai írásmód szemben a chemiai fogalmaknak azon kifejezésével, melylyel a multban éltek. Az alchymia korában a symbolumok nem voltak betűk, vagy csak kivételesen, hanem többé-kevésbé complicált, saját-szerű ábrák, a melyeket nem írni, hanem lerajzolni kellett. Csak a beavatottak érthették meg, a megfejtő kulcs birtokában e symbolumokat, s hogy titkaikat mennél jobban megőrizhessék a profánus közönség előtt, egy és ugyanazon anyag, egy és ugyanazon fogalom kifejezésére nemcsak egy, hanem rendszerint igen számos symbolumot használtak. Az arany megjelölésére például 30-nál több symbolummal éltek. Birtokomban van egy multszázadbéli könyv, mely az alchymia symbolumait tartalmazza, arról készíttettem üvegre rajzokat, melyeknek nagyított képét az ernyőre vetitem. Az arany symbolumait látjuk. Most a közönséges só symbolumait vetitem az ernyőre. Ettől különbözőnek tartották a kősót s ez utóbbi megjelölésére szintén egy sor másféle symbolumot használtak.

* * *

Az alchymisták symbolistikájából a mai vegytan nem igen húzhatott hasznot, annál többet azonban azon kor számos és fáradságos munkájából, mely sok becses ismeretet hozott napvilágra. Ezen ismeretekre támaszkodva vethették meg már a mult század vége felé a rendszeres chemiai analysis első alapjait, mely az ismeretek szaporodásának arányában mind szabatosabb alakot öltve és felölelve a jelen század felfedezéseit, fejlődött mai tökélyének színvonalára. A chemiai analysis feladata az összetett testeknek alkotórészeikre bon-

tásában áll, azon czélból, hogy azoknak minőségi és mennyiségi összetétele kipuhatoltassék. Nagyszámú ismeret felett kelle rendelkez-nünk, az elemek és vegyületeiknek sajátságait, maguktartását lehető kimerítően kelle tanulmányoznunk, mielőtt analitikai feladatok eredményes megoldásához hozzá lehetett volna fogni. Tökéletesedniök kellett a kísérleti módszereknek, melyekkel kérdéseket intézünk az anyaghoz, s a melyekre ez tünetmények alakjában felel. A kényszer, melyet külső behatások által a hallgatag anyagra gyakorolunk, megszólaltatja azt a maga nyelvén, e nyelvet értenünk kell, de ép annyira tudnunk kell uralkodni is a kényszerítő eszközökön, hogy azokat helyesen alkalmazhassuk. Szóval tisztában kell lennünk azzal, hogy esetenként mit akarunk elérni, előidézni, s hogy milyen alakban nyilvánulhat az, a minnek előidézésére törekszünk. Ha kérdésünk helyesen volt föltéve, kényszerítő eszközünk jól megválasztva, célt érünk. A kérdéses tünetmény be fog állani, ha az anyag a tünetményt életbeléptethető föltételekkel rendelkezik, ellenben elmarad. A felelet tehát pozitív vagy negatív tartalmú lehet. Egy konkrét esetet fölvéve, ha például tudom, hogy a vas vegyületei, bizonyos behatásokkal szemben milyen magatartást mutatnak, s ki akarom puhatolni, vajjon egy vizsgálat alá adott anyagban vasvegyület van-e, kiteszem ez anyagot ama hatásnak; a vasra mutató tünetmény bekövetkezése elárulja jelenlétét a vizsgált anyagban, a tünetmény elmaradása azt, hogy vas nincsen jelen. Kétséget kizáró következtetést pozitív válasz esetén azonban csakis úgy tehetek, ha az előidézni szándékolt tünetmény a vasra kizárólag jellemző, az az semmiféle egyéb anyag által elő nem idézhető. Az egyes anyagok megkülönböztetésére tehát mindenekelőtt őket kizárólag jellemző tünetmények ismeretére van szükségünk. Ilyenekkel rendelkezünk. Azonban vizsgálatainkban nem mindenkor, sőt inkább csakis kivételesen idézhetjük elő őket közvetlenül. Nem pedig azért, mivel e tünetmények igen gyakran elmosódnak, felismerhetlenné válnak, vagy be sem következnek, ha az illető anyag nem egyedül, hanem egyéb más anyagok társaságában van a vizsgálat alá vett testben jelen. Hiszen képzelhető, de tényleg úgy is van, hogy több különböző anyag reagál — a mint magunkat kifejezni szoktuk — egy és ugyanazon hatásra, azonban mind más és másféle módon. A tünetményeknek egy egész sora következhetik tehát be egyszerre, egy időben, a várt egy tünetmény helyett, s mi

egy tiszta kép helyett talán tiz képet kapunk, a melyek egymást kölcsönösen elfödik, mintha például, hogy egy hasonlattal éljek, több, üvegre fotografált képen keresztül néznénk egy fényforrás felé, a képek közül egyet sem tudunk biztosan fölismerni. Ítéletünk megzavarodik, következtetésünk ingatag leend.

Hogy a képeket fölismerhessük, el fogjuk egymás felől távolítani s ekkor megtudjuk, valjon a keresett kép is közöttük volt-e, vagy nem. Ugyanezt kell tennünk a chemiai analysisben is, el kell választanunk az összetett test egyes alkatrészeit egymástól, hogy külön-külön megismerhessük. Vizsgálataink túlnyomó számában, e gyakran bizony sok időt és fáradságot igénylő, de föltétlenül szükséges eljárásához kell folyamodnunk. Ez eljárás keresztülvitelében bizonyos tapasztalati ismeretek jönnek segítségünkre, a melyekre támaszkodva, célunkat minden esetben biztos elérhetjük. Az egyszerű testek sorában több, egymáshoz bizonyos tekintetben hasonló, közös tulajdonságokkal bíró csoportokat különböztethetünk meg, a melyeket közös tulajdonságaik révén elválaszthatunk az elemek egyéb csoportjaitól, a melyek e tulajdonsággal nem bírnak. Így például tudjuk, hogy a fémek közül számos a kénnel könnyen egyesül, vízben és hig savakban is oldhatlan szilárd vegyületekké. Kénvegyeik képződnek, ha e fémek sóinak oldatába kénhydrogégázt vezetünk. Az oldatból kivált szilárd kénvegyeket megsűrűs és kimosás által elkülönítjük a feloldott egyéb anyagoktól. Elvileg hasonló eljárással, rokon tulajdonságaik alapján, külön-külön csoportokká egyesítjük a többi anyagokat is és csoportjaikat egymástól elkülönítjük. Ismervén az egyes anyagok magatartását az elválasztásra használt eljárás iránt, biztos tudomásunk van arról, hogy a nyert egyes csoportok mindenikében, micsoda testek lehetnek jelen.

Az egyes csoportokba tartozó anyagok között vannak ismét olyanok, a melyek bizonyos befolyás irányában egyforma, és a többi ugyanazon csoportba tartozó anyagoktól eltérő módon viselkednek, például valamely kémszer által oldhatlan vegyületekké alakíthatók s így a többi, feloldva maradó anyagoktól elválaszthatók. A csoportokat tehát alcsoportokra bontjuk s ez eljárást ugyanazon szellemben addig folytatjuk, a míg oly alcsoportokhoz jutunk, a melyek már csak egy, vagy kétféle anyagot tartalmazhatnak. Ez utóbbi alcsoportok anyagait azután, természetöknek megfelelő eljárással választjuk

külön és azonosítjuk jellemző hatásaik alapján. Ily szellemű rendszeres eljárást kell mindig követnünk, midőn ismeretlen összetételű testeket vizsgálunk alkatrészeik minőségére, mert csak ez által jutunk abba a helyzetbe, hogy bizonyossággal megmondhassuk, miféle anyagokból áll a vizsgált összetett test és milyen anyagok nincsenek benne.

Jóval egyszerűbbé válik az analitikai eljárás, oly esetekben midőn csak az tűzetik ki feladatul, hogy kimutassuk, vajjon egy vagy két bizonyos anyag jelen van-e a vizsgálat alá adott testben, vagy hiányzik belőle. Ilyenkor csupán azon csoportokra kell különös figyelemmel lennünk, melyekhez a keresett anyagok tartoznak, ennél fogva a legtöbb esetben a rendszeres eljárásban jelentékeny rövidítéseket fogunk tenni. Nem egyike a természetben gyakrabban előforduló anyagoknak bir továbbá bizonyos olyan jellemző tulajdonságokkal, a melyeknek alapján lehetséges ez anyagokat, számos egyéb anyag mellett is, rövid úton megtalálni.

A rendszeres eljárást mindég megelőzi az elővizsgálat, melynek az a célja, hogy tájékozást adjon arról, hogy a vizsgálat alá vett test miféle kategóriába tartozik, és ennél fogva milyen anyagokra kell a vizsgálat keresztülvitelénél különös tekintettel lennünk; ezen elővizsgálatnál a fennebb érintett tulajdonságú anyagok jelenlétéről vagy hiányáról már nyerhetünk tudomást. Az elővizsgálat céljaira egyik eszközünk a Bunsen által szerkesztett lámpa, melynek lángja többféle chemiai művelet végrehajtására alkalmas. A lámpa csövén kitóduló gáznak nem világító lángot kell adnia, e végből a gázt levegővel kell megkevernünk, mielőtt az égés helyére eljutna. A lámpa csöve alúl, egymással szemben fekvő kerekded nyílásokkal van ellátva, a melyek a csőre tölt s szintén megfelelőleg átlukasztott gyűrű elfordításával, a levegőnek tetszés szerinti mértékben megnyithatók vagy elzárhatók. A világító gáz fölfelé áramolva a csőben, a nyílásokon levegőt húz maga után, azal megkeverődik s a cső tetején meggyujtatván, teljesen elég. Ilyenkor nincsenek a lángban izzó finom színrészecskék, a melyeknek a közönséges láng világító-képességét köszöni, mivel a gáz szénvegyeiből való kiválásuk pillanatában elegendő levegővel találkozáván, azonnal teljesen elégnék. Ha a gyűrűvel a lyukakat részleg elzárjuk a láng világítani kezd s világítása a lyukak megnyitásával arányban fokozódik. Levegő most csak kívülről hatolhat a lánghoz, a belsőbb

részekig csak kevés ér, úgy, hogy a szénvegyekből kivált szén nem éghet el azonnal, hanem a láng magas hőmérséke folytán izzóvá lesz s fényt áraszt, csak midőn a láng széle felé jut, találkozik elegendő levegővel s ég el tökéletesen. Hideg tálczával lenyomván a lángot, megakadályozhatjuk elégését s korom alakjában rakódik le a tálczára.

A nem világító lángban három, egymást borító kúp-idomot különböztethetünk meg. A legbelsőbbet, mely egészen színtelen, a lámpa csővéből folyton kitóduló gáz-levegő elegy képezi, itt égés nem történik, a hőmérsék alacsony. Az ezt borító kúp nem világító, kékes színű; e helyt megy végbe a gáz szénvegyeinek fölbomlása s elégése. A harmadik kúp, mely vékony köpenyegszerűen borítja a másodikat, világosabb és fénylőbb kék színe által tűnik ki, a külső levegőnek a lánghoz tódulása által jön létre, benne a második kúpból még esetleg oxydátlanul kikerülő gázzrészecskék érik el teljes elégésüket. Ugyanilyen három kúpot különböztethetünk meg a világító lángban is, azzal a különbséggel, hogy itt a második nem kék, hanem világító, rétegeiben jövén izzásba a gáz fölbomlásából kikerülő szén.

Hogy a láng belsejében a hőmérsék alacsony s égés nincs, könnyen demonstrálható. Gyúlékony anyagot, például gyufát tartunk belé azt hirtelen átdugva a külső kúpokon. A gyufa nem gyúl meg, csak szála ég el ott, hol a második és harmadik kúpra ér. Közönséges lámpacylinderre dróthálót helyezünk, alsó nyílásába pedig csővel ellátott dugót illesztünk, a világító gáz bevezethetésére. A drótháló közepére papirostálczára lőport halmozunk fel s megeresztve a gázt a lőpor fölött meggyújtjuk. A lőpor a nagy láng közepén nem robban fel. Még gyufát is tesztek rá. A gyufaszálak elégnék a láng szélében, de a lőporon nyugvó gyufafejek a láng közepén nem adnak tüzet. Most azonban részleg elzárom a gázt kibocsátó csapot. A láng kisebbedik, — kúpjai mind összebb húzódnak, az égő kúp széle már szinte érinti a lőport — most ellobbant.

Himzéshez használt fehér papiron szépen lerajzolódik a láng, függőleges meg vízszintes metszetében, ha a papirt mintegy $\frac{1}{10}$ -ed perczig a megfelelő irányokban a lángba tartjuk. Az első esetben a kúp képét kapjuk, a papír megbarnul a magas hőmérsékű helyeken; a második esetben barna gyűrűt, mely közbül fehér, valamint a kúp belseje is, hol a papír a láng által meg nem támadtatott.

Magas hőmérsékű és szabad Oxygen bősége a láng külső ré-

szében, megadja a módot számos *oxydatio* kicsinyben való keresztülvitelére. A melyek ily körülmények között Oxygénnel vegyülhetnek, azokat az anyagokat a láng külső részeiben oxydálhatjuk.

A világító gáz szénvegyeiből kiváló magas hőmérsékű Szén és Hydrogén, a láng belső és második kúpja határvonalain eszközt nyújt azon oxygéntartalmú vegyületek desoxydálására — *reductio*, — a melyekből a fönnforgó körülmények között az Oxygén, a Hydrogén és Szén által elvonható.

A nagy hőfokú lángban számos test megolvad, némelyik el is gőzölög, elűzhető s a láng tetejébe vagy fölébe tartott hideg tárgyon fölfogható. A lángban reducált fémoxydok illanó fémeit így gyűjthetjük össze és pedig fémes, vegyületlen állapotban, ha hideg tálczát tartunk a láng csúcsába, és újból oxydalt állapotban, ha a tálczát nem a csúcsba, hanem mintegy egy centiméternyire a csúcs fölé helyezzük, mivel akkor a fémgőz a csúcs külső szélein levő levegő Oxygénjével újból egyesül s oxydja képében verődik le a tálczára.

A lángban ellálló anyagok gőze megizzik s jellemző színre festi meg a lángot. A láng színének közvetlen észlelése, vagy még inkább a spectrokópnak nevezett készülék segélyével, melyről azonnal részletesebben szólni fogok, becses felvilágosítást nyújt a lángba került gőzök anyagi minősége felől.

Az imént elmondottak igazolására tegyünk néhány kísérletet. Két ásványt küldenek be azon megkereséssel, vizsgálnók meg az egyiket réz és vastartalomra, a másikat aranyra, ezüstre és tellurra. A vizsgálatot az elsővel következőleg foganatosítjuk: Finom porrá törünk egy darabkát belőle s abból egy parányi részletet egy csepp kristályos szódával, melyet a lángban megömlesztünk, elkeverünk. Reducálni — színteni — fogjuk a lángban s a szóda arra való, hogy az ásványban esetleg jelenlevő savképző anyagokat a szóda féméhez, a Natriumhoz kössük, ekként fölszabadítva a vasat, meg a rezet, ha e fémek ez ásványban tényleg tartalmaztatnak.

Most arról kell gondoskodnunk, hogy e cseppet valami alkalmas módon a láng színtő terebe tartsuk. E czélra jó lesz egy svédgyufának a fácskája, melyet azonban, hogy időnekélőtte el ne égjen, tűzmentessé kell tennünk. Bevonjuk szintén megömlesztett szódával, mely a lángban megolvad rajta és védő burokként veszi körül úgy hogy egy darabig ellentállhat a magas hőmérsék hatásának. A fácska

végén levő szódát megömleszttem most a láng szélén s ráragasztom a kémlelendő kis golyócskát. Egy percz tartamáig betartom erre a láng színtő terébe, aztán, hogy lehűlhessen, mélyebben, a legbelsőbb kúp közepére tolom. A gyufa végéről letöröm a gyöngyöcskét s piczi achát-mozsárban csepp vízzel eldörzsölöm; a vizet szívó papírral távolítom el, s az anyag jó kimosása végett e műveletet két-háromszor ismétlem. Újból vizet töltök reá s most hozzálatok a vasnak a réztől való eltávolításához. Tollkésemen végig húzok néhányszor egy mágnest, hogy mágnesessé tegyem, mivel ily módon, hegyes mágnessel könnyen kifogom halászhatszani a finom vasport. Valóban a kés hegyén valami megtapadt; letörölöm a vizet a kés hegyéről szívó papírral, s megszáritom, egy-kétszer a láng fölébe tartva egy pillanatra. Balkezem mutató- és hüvelykújjának hegyét egymásra szorítom s végighúzom köztük a kés hegyét, hogy levegyem a reá tapadt anyagot s lássam tényleg mágneses tulajdonságú por-e, vagy csak szénpor, mely a késre tapadt. Közelítem a kés hegyét újjamhoz, a fekete por ime reáugrik, tehát mágneses anyag. De a Vason kívül mágneses tulajdonsággal bír a Cobalt és a Nikkel fém is! A vasra speczialis kémlőszert kell tehát még alkalmaznom, hogy eldöntsem a por minőségét. E végből azonban föl kell, hogy oldjam a port. Piczi üvegeserébe teszem s egy-két csepp Sósavval, meg egy csepp Salétromsavval melegítem. Földoldódik. Melegítem még, míg a savak fölöslege elpárolgott, s erre pár csepp vízzel fölhogítom. Ezután vastól mentes szűrőpapírból szelt két vékony csikra szivatom föl. A nedves foltot az egyik papírszalon megérintem egy hajszálcső végéről lelógó sárgavérűgő cseppeszkéjével. A vassóknak ez egyik jellemző kémlőszere. Sötétkékre kell a foltnak színeződnie, ha a por vasból állt vagy egyáltalán vasat tartalmazott.

Ez a tünetny ime bekövetkezett. A másik szeletre a vasnak egy más jellemező kémszeréből. Kéncyankalium óldatból cseppentek: a sötétpiros szín, mely előállt, a vas jelenlétéről tanuskodik.

Hátra van a réz kimutatása. A mozsárban levő kis maradékot a mozsártörővel erősen dörzsölöm, kiöblintem vízzel s a mozsár fenekét a róla visszatükröződő fényben nézem. Vörös, fénylő pikkelyeket látok benne. Ez a réz. Kihalászok belőlük egy parányit s feloldom egy csepp Salétromsavban. Papírszeletre szivok föl az óldatból valamit és sárgavérűgőszóval kémlelem: vörösbarna szín támadt, ez a rézre jellemző vegyíhatás. Az üvegeserepen maradt cseppnyi óldathoz Am-

moniai oldatot öntök s vastagabb hajszálcsovel szivatom föl. A hajszálcsobe vett folyadék hosszán átnézve, gyönyörű azurkék színt látunk, ez csak réz jelenlététől eredhet.

Egészen hasonló módon színitem a második ásvány csekélyke porát. Kiöblögetem párszor a mocsárba tett gyöngyöcskét, azt most csak gyengén megnyomogatva. A mocsárban piczi gombostűfejnyi csillogó gömböcskét látunk, mely lágy, szívós, laposra nyomható. Pár csepp Salétromsavval melegítem; nagy részben föloldódik, csak igen kevés barna színű por marad oldatlanul. A leöntött oldatba Sósavat csepegtetek, fehér, túrós csapadék válik ki, ez a Chlórezüst. Fölös Ammonia-oldatot öntök reá, föloldódik, eltűnik: Salétromsav hozzáadására újból előáll; ez a Chlórezüstre jellemző reakció.

Az oldatlanul maradt port egy csepp királyvizzel melegítem, föloldódik, két csepp Oxálsavoldatot töltök hozzá és melegítem. Zavaros lesz, a folyadék teteje aranyszínnel csillog s az üvegcserép részleg megaranyozódott.

Van tehát az ásványban arany és ezüst.

Vajjon Tellurt találunk-e? A Tellur a lángban elillanó fém, gyűjtsük tehát össze a lángban fölszálló gőzöket. A láng csúcsába, alul beforrasztott tágabb üvegcsövet — közönséges kémcsövet — helyezek el, előbb megtöltve a csövet vízzel, a cső fenekére fog leveledni a fölszálló Tellurgőz. Hogy a láng színitő terébe tarthassam az ásvány porát, asbestszál végére töltöm. A kémcső feneké fekete lett. Ha ez Tellurtól eredt, akkor e verődménynek tömör Kénsavban enyhe melegítésnél cseresznyepiros színnel kell oldódnia. Az előbbinél valamivel tágabb kémcsőbe egy-két köbcéntiméternyi Kénsavat öntök, belédugom a fekete végű csövet és melegítem. A Kénsav cseresznyepiros.

A vizsgáltuk érc az erdélyi híres Sylvanit Nagyágról, melyben 1782-ben fődözte fel Müller von Reichenstein a Tellurt.

Könnnyü a Phosphor kimutatása ásványokban, érczekben. A megvizsgálendő anyag jól kiszáritott finom porában kis darabka Natriumfémét hőmpölygetünk meg, s a por kéreggel bevont Natriumot keskeny és vékony falazatu, rövidke üvegcső beforrasztott végébe toljuk s aztán a lángban megömlesztjük. Tűztűneményt látunk, a Natrium Oxygént von el az ásvány phosphorsavas sóiból, s fölőse a fölszabaduló Phosphorral egyesül Phosphornatriummá.

Ezen vegyület a nedves levegőn fölbomlik; bomlása, ha megnedvesítjük azonnal végbe megy, a Natrium a víz Oxygénjével, a Phosphor pedig a Hydrogénnel egyesül oly vegyületté, mely borzasztó kellemetlen, foghagyma szagú és rendkívül mérges s azonkívül azon tulajdonsággal is bír, hogy a levegőn már közönséges hőmérséknél is magától meggyulad. Széttöröm a csövecskét e porcellánlapon, az undok szag már érzik s csekély mennyisége daczára érezhető lesz a teremben is; most vizet fecskendezek a tálczára, apró villanások támadnak, a Phosphorhydrogén gyorsan fejlődik és azonnal elég.

A különböző anyagok fölismerésére szolgáló vegyi hatások többé-kevésbé érzékenyek, némelyik anyag még akkor is elárulja magát a vizsgálat alá vett testben, midőn rendkívül csekély mennyiségben, mint mondani szoktuk, nyomokban van csak jelen. Ismerünk hatásokat, a melyek biztosan bekövetkeznek, midőn a hatásban résztvevő anyag mennyisége oly csekély, hogy még görccsövel is alig ha lenne látható, s a beálló tünetmennyiség mégis oly intensiv fokú és annyira jellemző, hogy csalhatatlan belőle vont következtetésünk.

Valamennyi analtikai módszer között, az alapjául szolgáló hatásokra nézve a legérzékenyebb az, melyet Bunsen és Kirchhoff 1859-ben állapított meg: a szinképelemzés (spectralanalysis).

Számos anyag gőze, midőn a Bunsen lámpa lángjában izzóvá lesz, megfesti a lángot, az illető anyagra jellemző színű fénysugarakat lövel ki. A Natrium és sói intensiv sárgára festik a lángot, a Kaliumvegyek ibolyaszínűre, a Calciumra jellemző a narancspiros szín, míg a Strontium sötétebb piros, a Lithium carminvörös szín által árulja el jelenlétét. Világoszöld színt adnak a Baryum sói, a Thalliuméi pedig gyönyörű sötétzöldet. Ha ezen anyagokból csak egy van egyszerre jelen, a láng színén könnyen és bizton fölismerhető, de ha egyidejűleg többnek a gőze világít, az egyes színek elfödik, zavarják egymást s következtetésünk bizonytalanná válik. Egyes esetekben ugyan segíthetünk magunkon egyszerű módon, így különösen ha egyidejűleg csak Natrium- és Kalium-vegyületekkel van dolgunk. A Natrium erőssárga fénye ugyan teljesen elfödheti a Kalium kevésbé intensiv viola fényét, úgy, hogy ez utóbbiból közvetlenül mit sem veszünk észre, de ha a fényt Cobaltoxyddal megfestett kék üvegen keresztül nézzük, Kalium jelenlétében a lángot fényes ibolyaszinben tündöklőnek látjuk. A Cobaltüveg úgy hat, mint egy

szűrő, a sárga színű sugarakat visszatartja, az ibolyaszínűeket pedig át bocsátja.

Ilyen fogásokkal azonban csak kivételes esetekben érünk czélt. Bunsen és Kirchhof segítette ki a tudományos világot e téren, halhatlan fölfedezésével, a tökéletes fényszűrő használatának, alkalmazása előnyeinek és módjának megtanításával. Ez a fényszűrő az üvegprisma, mely valamennyi színű fénysugarat át bocsátja magán, azonban elhajlítja őket testén való áthaladásuk alkalmával és pedig különböző fokban, úgy, hogy szétágazva lépnek ki belőle. A fehér fény, melyben valamennyi szín harmonikusan egyesülve van, szineire bontva hagyja el a prizmat s fehér ernyőn felfogva a szivárvány gyönyörű szineit mutatja. Legtisztábban látható ez, ha egyközű, keskeny fénynyalábot töretünk meg a prisma által, keskeny résen bocsátva ki a fényforrás sugarait a prisma lapjára, ilyenkor hosszú, egyközű szalagban jelennek meg a színek. A fehér fény színképe, spectruma ez. Legkevésbé hajlítja el a prisma a vörösszínű sugarakat, ezekre következnek a narancssárgák, sárgák, zöldek, kékek és a legtávolabba elhajlított ibolyaszínű sugarak.

Midőn valamely szilárd testet izzítunk, izzása legelején csupán vörös színű sugarakat lövel ki, a színeképen csak a vörös szín látszik; azon mértékben, a mint magasabbra és magasabbra hág hőmérséke, megjelennek sorban a vörösre következő fénysugarak, míg fehérén izzó állapotát eléri, a midőn a legtörékenyebb violásugarak föllépésével, a színeképe teljes lesz.

Feljebb és feljebb fokozzuk a hőmérséket! A test megömlik, fényének színképe intenzitásban nyerhet még, de máskülönben változatlan. De ím a megömlött tömeg forrásba jön, gőzzé alakul, izzó gőzzé, mely világít. A színeképen ezalatt nagy változás megyen végbe. Megszűnik a színek folytonossága, csak itt-ott marad meg belőlük egy pár keskeny csík, sötét közöktől elválasztva, egyes színek teljesen eltűnnek! Az izzó gőz spectrumát látjuk. Bármennyiszer ismétljük e műveletet, mindég ugyanazon színeképe áll elő, fényes csíkainak ugyanazonos helyzetével.

Az izzó gőzök színképe tehát nem folytonos, hanem sötét alapon több vagy kevesebb színes csíkból áll. Minden izzó gőznek más és más a színképe, azaz a többi gőzökétől eltérő helyzetű színes csíkokat mutat. Számos csíkot mutató gőzök színképei elföldhetik egymást rész-

leg, azaz csíkjaik közül némelyek a színek egy és ugyanazon helyére eshetnek, de mindég marad a csíkok közül több, mely egymást nem fűdi, úgy, hogy egymás jelenlétében is a reájok jellemző csíkok föllépéséből fölismerhetők.

Herschel John már a huszas években vizsgálta a színes lángok spectrumát, s azt mondá, hogy: „a szín, melyet különböző anyagok a lángnak kölcsönöznek, sok esetben könnyű és egyszerű módot ad az illető anyagok rendkívül kis mennyiségének fölismerésére.“ 1834-ben Talbot F. a Lithium és Strontium spectrumáról írt; 1845-ben Miller W. A. a Baryum, Strontium és Calcium színekéjét ismertette, míg ugyanez évben Swan kimutatta, hogy a konyhasó izzó gőze által előidézett fényes sárga csík, a színekéjben még rendkívül csekély mennyiségű só által is bizton előidézhető.

Sok fémeket ismerünk, mely a Bunsen lámpa lángjában nem gözölög el, az ilyenek spectrumát úgy lehet előidézni, hogy az illető fémek két csúcsos darabja között erős feszültségű elektromos szikrákat ugratunk át, azoknak fényét vizsgáljuk. A szikra, a mint az egyik fémhegyről a másikra ugrik, parányi fémrészecskéket letép, tova ragad s magas hőmérsékénél fogva nemcsak elgőzölögteti, de izzóvá is teszi gőzüket. Így járt el már 1835-ben Wheatstone, azonnal észrevevén, hogy a különböző fémeknek különböző spectrumok felelnek meg, melyek alapján könnyen felismerhetők. Ő meg is jósolta, hogy e methodus valamikor czélirányos alkalmazást fog nyerni. Hasonló vizsgálatokat tett húsz évvel később Angström, a ki azon fontos tényt fedezte fel, hogy a spectrum, mely előáll, midőn elektromos szikrák csapnak fémdarabok közt át, kettős, ugyanis a fémgőzének spectrumából és a levegőnek vagy azon gáznak spectrumából áll, melyen a szikra útjában áthalad.

A vegyészek e munkákat azon időben alig méltányolták még; hasznot belőlük egyáltalán nem húztak. Csak a midőn 1859-ben Bunsen és Kirchhoff klasszikus buvárlatai lőnek köztudomásuakká, nyert az általuk készített színeképelemző készülék, a spectroscop nagy fontosságot és gyors elterjedést, s fejlődött ki mai tökélyére azon methodus, melynek nemcsak az analitikai chemia új és váratlan eredményeket köszön, hanem a mely azon bámulatos vívmányokat is elérette, melyekről a csillagászati chemia szól, felvilágosítást az égi testek anyagi összetételéről.

A spektroskop háromlábú vasállvány közepén megerősített egy vagy több üvegprismából áll, melyekre a vizsgált gőz fénye, az állvány egyik vízszintes karjára erősített csövön keresztül (collimator cső) esik; e cső túlsó végére kettős lemez van erősítve, mely csavar segítségével egymáshoz tetszésszerű közelségre igazítható, miáltal többé vagy kevésbé keskeny, párhuzamos falú nyílást létesíthetünk, a melyen a fény a csőbe hatolhat. Rendesen félig elfödik e nyílást (a hasadékat vagy rést) egy félig leérő kicsi üvegprisma által, a célból, hogy összehasonlítás kedvéért egy második fényforrásból is lehessen a csőbe, a vizsgált fényvel egyidejűleg fénysugarakat bevetni, s ekkép egyszerre két, egymásfölött megjelenő színeképet előállítani. Az egyik lámpa, melynek lángjában a vizsgálandó anyag elgőzölög, a szabadonhagyott rés előtt áll, a másik, mely az összehasonlításra szolgáló anyag elpárolására szolgál, oldalt a kicsi prisma mellé helyeztetik el, úgy, hogy e fényforrásból a rés szabad nyílásán ne juthassanak be sugarak a csőbe, hanem csak a kicsi prismáról, melyről a csőbe tükröződhetnek. Ez eljárás annyiban jár előnnyel, a mennyiben a vizsgált anyag minőségének biztos fölismerésére még a gyakorlatlan észlelőt is a leg-rövidebb úton elvezeti, nem lévén egyébbre szüksége, minthogy az összehasonlító lángba egymásután ismert anyagokat helyezzen, mindaddig, míg az összehasonlító láng színe teljesen megegyezik a vizsgált anyag színeével, míg tehát az elsőnek fényes csíkjai folytatásukat megtalálják az alatta levő színeképe fényes vonalaiban.

A fényt bevető csőnek a fényt felbontó prismarendszer felőli vége lencsével van ellátva, mely a rajta áthaladó sugarakat egykötőssé teszi. A színeképe észlelésére közönséges távcső szolgál, mely az állvány másik vízszintes karján nyer elhelyezést; e kar az állvány tengelye körül forgatható, e szerint a távcső is, mely rajta nyugszik. Szükséges ez a végből, hogy a prismákból kijövő sugarakat, a melyek erős szétágazásuk miatt a távcsőbe egyidejűleg nem juthatnak, a távcső megfelelő tovaemelésével sorban látni lehessen. Még egy harmadik karja is van az állványnak, a melyre az előbbieknél jóval rövidebb cső van foglalva. Ezen csőnek a célja az, hogy egy üvegre fotografált, mikromilliméterekre osztott és számozott mérték (a skála) képét lehessen a prisma azon lapjára vetni, melyen a fénysugarak kilépnek, és pedig olyan szöglet alatt, hogy a kép a prisma lapjáról, mint tükrőről a távcsőbe vettessék, az észlelő tehát

a két színképpel a mérték nagyított képét is egyszerre láthassa. A mérték a két színkép között jelenik meg s arra szolgál, hogy a színképek fényes vonalainak helyzete csalhatatlanul meg legyen határozható.

Valamennyi elem, reája jellemző, több vagy kevesebb, fényes, finom csíkot mutató színképet ad. A csíkoknak helyzete, bármilyen hőmérsékű is legyen az izzó gőz, változatlanul ugyanaz, azonban a csíkok száma, fény erőssége és általános jellegük nem állandó, hanem az izzó gőz hőmérsékétől függ, továbbá a nyomástól, mely alatt a gőz áll, valamint még a gőzréteg vastagságától is. Így például a Lithium Bunsen lángban elgőzölögtetve, oly spectrumot ad, melyben egy fénylő vörös s egy gyenge fényű narancssárga csík látható, míg ha elektromos fényívben, vagy a hydrooxygégázzal táplált igen magas hőmérsékű lángban párologtatjuk el, még egy kékszínű csíkot is léptet fel. Hasonló tünetmények észlelhetők egyéb elemeknél is.

Ha, már közönséges hőben is légnemű elemek színképét akarjuk észlelni, üvegcsövekbe fogjuk fel, melyek középső részükben thermometercső keskenységére eresztendők össze, két végükbe pedig platina drótok forrasztandók. A drótokat elektromos inductorral kapcsoljuk össze s szikrákat üttetünk a gázon át, a cső keskeny részét állítva a színképkeszülék rése elé. Itt a nyomás és a gáztér vastagságának befolyása különösen jól észlelhető.

A míg a fémek és a hozzájuk tartozó Hydrogén is, élesen határt, finom csíkokat mutató színképpel bírnak, melyek a hőmérsék jelentékeny variálásával sem mutatnak változást, addig a nemfémek aránylag alacsony hőben, széles, kicsipkézett szegélyű szalagokat tüntetnek elő, melyek magasb hőben finom vonalakba mennek át. A nemfémekéhez hasonló, de éles szegélyű, széles vonalakat adnak a fémek illanó vegyületei is, ha a Bunsen-lámpában elgőzölöggtetjük. Bunsen és Kirchhofnak a színképelemzésről írt első értekezésében, érdekes és jellemző adatokat találunk a színképreaktiók föltötte nagy érzékenységéről és a biztosságról, melylyel e módszerrel még rendkívül kicsi anyagmennyiségek is minőségükre nézve fölismerhetők:

„a következő kísérletből kitűnik, hogy a chemikus egyetlen olyan reactiót sem mutathat föl, mely érzékenységére nézve a legtávolabbról is össze lenne hasonlítható a Natriumnak színkép elem-

zés útján való fölismerésével. Körülbelől 60 köbméter légtérfogattal bíró észlelő szobánknak apparatusunktól legtávolabbra eső szögletében, 3 milligramm Chlorsavasnatronnak, Tejczukorral való keverékét durrantottuk el, mialatt a rés elé állított nem világító lángot észleltük. A lassanként fakóságára festődő láng már néhány percz mulva megjelentette a Natrium erős vonalát, mely csak 10 percz mulva tűnt el teljesen. Az eldurantott Natriumsó és a szobában foglalt levegő súlyából könnyen kiszámítható, hogy ez utóbbinak egy súlyrészben még $\frac{1}{20000000}$ -od súlyrész Natronfüst sem tartalmaztathatott. Minthogy e reactio, egy másodpercz időtartama alatt teljes kényelemmel észlelhető, ezen időben pedig a hozzáfolyás és a lánggázainak összetétele folytán, csak körülbelől 50 köbcenimeter vagyis 0,0647 gramm levegő, mely a Natronsóból kevesebbet tartalmaz $\frac{1}{20000000}$ -od résznél, kerülhet a lángban izzásba, kitűnik, hogy szemünk még $\frac{1}{3000000}$ -od milligram Natronsót a legnagyobb tisztasággal fölismerhet. A reactionnak illetén érzékenysége mellett belátható, hogy izzó légköri levegőben határozott Natriumreakció csak ritkán hiányzik. A föld a maga felületének több mint kétharmadán konyhasó oldattal van fődve, mely a tenger hullámainak habzó tajtékká verődése által szüntelenül elporzittatik. A tenger vizének csöppecskéi, melyek ily módon a légkörbe jutnak, elpárolognak és konyhasó tartalmú porszemecskéket hagynak hátra, a melyek a légkörnek ugyan nagyságra változó, de a mint látszik, csak ritkán hiányzó elegyrészét képezik, és a melyek talán arra vannak hivatva, hogy a kis szervezeteknek azon sókat adják, a melyeket a nagyobb növények és állatok a földből kapnak meg. A levegőnek a színképelemzés által könnyen kimutatható ezen konyhasó tartalma, még egy más tekintetben is figyelemre méltó. Ha ugyanis katalyzises befolyások azok, a mint most már alig kétségbe vonható, a melyek a betegségeknek miazmás elterjedését közvetítik, akkor egy antiseptikus módon ható anyag, mint a konyhasó, még eltűnő csekély mennyiségben is aligha lehetne lényeges befolyás nélkül, a levegőben lejátszódó olyatén folyamatokra. Napontai, hosszabb időn át folytatott színképszelések által könnyen föl lesz ismerhető, vajjon a légköri Natriumvegyek által okozott Na. α színképvonalnak intenzitásbeli változásai összefüggnek-e, endemicus betegségek feltűnésével és elterjedésének irányával.

Ezen Natriumreactio hallatlan érzékenységében keresendő egyzersmind az oka annak, hogy a levegőnek kitett valamennyi tárgy, ha bizonyos idő múlva a lángban izzítatik, a Natrium vonalát adja, és hogy csak kevés vegyületnél sikerül, még ha tizszer és többször is átkristályosítjuk oly vízből, mely csak platina-edényekkel jött érintkezésbe, a Na.α vonalának utolsó nyomát eltávolítani. Hajszálfínomságú platinadrót, mely kiizzítás által a Natron minden nyomától megszabadított, néhány órai állás után a levegőn, a reactiót újból a legvilágosabban mutatja. Nem kevésbé adja a por, mely a szobában a levegőből lerakódik, úgy, hogy például egy poros könyvnek megkopogtatása már elegendő, hogy néhány lépésnyi távolságból a Natrium vonalának heves felvillanását előidézze.“

Értekezésüknek egy más helyéről idézem még a következőket:

„A hely, melyet a fényes vonalak a spectrumban elfoglalnak, oly chemiai tulajdonságot tételez föl, mely [változatlan és fundamentalis természetű, mint az anyagok atomsúlya és azért csaknem csillogászati pontossággal meghatározható. A mi azonban a színeképelemző eljárásnak főleg különös fontosságot tulajdonít, az azon körülmény, hogy a határokat, a meddig az anyag chemiai ismertető jelei idáig terjedtek, csaknem a végtelenségig kitolja. Az anyagoknak a geológiai formációkban elterjedéséről és elrendezéséről a legbecsesebb felvilágosításokat igéri. Már azon kevés kísérlet is, mely ez értekezésben foglaltatik, azon váratlan ismerethez vezet, hogy nemcsak a Kalium és a Natrium, hanem a Lithium és Strontium is földünknek a noha csak kis mennyiségben, de általánosan elterjedt anyagaihoz tartoznak.

Nem kevésbé fontos jelentőséget nyerhet a színeképelemzés idáig még megnemtalált elemek fölfedezésére. Mert ha vannak anyagok, a melyek a természetben oly gyér elterjedésűek, hogy az analysis eddigi módszerei fölismerésüknél és leválasztásuknál bennünket cserben hagyának, remélhető, hogy sok ilyen anyag a maga színeképeének egyszerű észlelése által még oly mennyiségben föl lesz ismerhető és meghatározható, mely a közönséges úton a chemiai észrevevés alól kivonódik. Hogy ilyen idáig ismeretlen elemek valóban léteznek, arról már alkalmunk volt megbizonyosodni. A spectralanalytikai módszer kétségbevonhatlan eredményére támaszkodva, teljes bizonyossággal hisszük már most azon állítást kimondhatni, hogy a Kalium, Natrium és Lithium mellett, az alkalicémek csoportjához tartozó még egy negyedik

fém van, mely ép oly jellemző és egyszerű színeképet ad, mint a Lithium — oly fém, mely színeképelemző készülékünkkel csak két vonalat mutat, egy gyenge kéket, mely a Strontium Sr. δ . vonalával csaknem egybeesik és egy mást, kéket, mely csak valamivel távolabbra fekszik a színekép violaszínű végefelé és intenzitása, valamint határoltóságának élességére nézve, a Lithium vonalával versenyez.

És valóban alig földözte fel Bunsen az általa Caesiumnak nevezett elemet, már is egy másodikat talált, a Rubidiumot, mely szinte igen csekély mennyiségben s rendszeren a Caesium társaságában fordul elő. Bunsen prognosisa fényesen beteljesült.

Azóta a színeképelemzés segélyével még több új elemet ismertek fel. Így Crookes a Thalliumot, melynek színeképében egyetlen egy vonal látható csak, egy fényes zöld. 1864-ben Reich és Richter egy Zinkércz vizsgálata alkalmával két új sötétkék csíkot láttak megjelenni a színeképben, egy új elemtől származó két csík, az Indiumtól. 1875-ben Lecoq de Boisbaudran szintén egy Zinkérczben fedezte föl a Galliumot, ezen ezüstfényű szép fém, mely különösen jellemezve van az által, hogy már a kéz melegében megolvad Legújabbán pedig Winkler talált egy új elemet a Germaniumot.

A színeképelemzés az eddigiektől eltérő más irányban is tett már fontos szolgálatot. Ha fehér fényt festőanyagok híg oldatán bocsátunk át, s azt a spektroskóppal vizsgáljuk, azt tapasztaljuk, hogy a színekép egyes részei elhomályosúlnak s fekete csíkok jelennek meg, az egyes festőanyagokra jellemző számmal és helyzettel, úgy, hogy számos ilyen anyag ez úton fölismerhető. A gyakorlatban főleg a vér fölismerésére nyer a spektroszkopia alkalmazást, mivel a vér még nyomokban is biztosan fölismerhető, a vér festőanyagának, az Oxyhämoglobinnak a fehér fény bizonyos sugaraira gyakorolt elnyelő képessége folytán, miáltal a színeképben két jellemző fekete csík támad. E reakció olyannyira érzékeny, hogy a vér festőanyagából még 0.00006 grammnyi mennyiség fölismerhető.

* * *

A napfény a spektroskóppal észlelve sajátságos színeképet mutat. A szivárványszínek folytonosságában finom fekete hézagokat, fekete csíkokat veszünk észre, melyeknek száma rendkívül nagy. Helyenként oly sűrűn következnek egymásra, hogy egész finom rácsozat benyo-

mását teszik, míg másutt gyéribben állanak. Vastagságuk is igen különböző. Legelőbb Wollaston irt ezen különös tüneményről, melylyel utána Frauenhofer foglalkozott tüzetesen, pontosan meghatározván helyüket a színeképben és számukat. Ugyanő vette észre, hogy a hold és a bolygók színeképe teljesen megegyezik a napéval, ezen testek magát a napfényt tükrözik hozzánk, míg az álló csillagok színeképei lényeges eltérést mutatnak, ezekben is vannak fekete csíkok, de más helyzetben. Hogy e fekete csíkok mely ok által idéztetnek elő, az egyelőre homályban maradt; annyit azonban már Frauenhofer megállapított volt, hogy ezen ok földünkön kívül esik és nem állhat abban sem, hogy a napfény bizonyos sugarai a világtéren áthaladtukban tartatnának valami által vissza.

De még egy fontos észlelést is tett Frauenhofer, hogy ugyanis a Natriumot jellemző, szorosán egymás mellett álló két finom csíknak, a nap színeképében két fekete csík felel meg, mely a Natrium vonalaival a színeképnek tökéletesen ugyanazonos helyére esik.

Hogy ezen figyelemre méltó, különös tüneményt mi idézi elő, arra 1859-ben Kirchhof felelt meg; kísérletét, mely a kulcsot kezébe adá, következőleg írja le:

„Hogy a Natrium vonalainak már többször hangsúlyozott egybeesését a nap színeképének *D*-vonalaival a legközvetlenebb úton megvizsgálhassam, közepes fényerejű napszíneképet idéztem elő s aztán a készülék rése elé Natriumlángot helyeztem el. A sötét *D*-vonalakokat ekkor világosakká válni láttam. A Bunsen-lámpa a Natriumvonalakokat a napszíneképen nem várt világosságban mutatta. Hogy megtaláljam azt, hogy mennyire fokozható a napszínekép fényereje, a nélkül, hogy a Natrium vonalai a szem elől eltűnjenek, a Natriumlángon át a teljes napfényt bocsátám a résre, s ekkor, meglepetésemre, azt láttam, hogy a sötét *D*-vonalak rendkívül erősen lépnek föl. A napfényt Drummond-féle fénynyel helyettesítém, a melynek spectrumában, mint minden más izzó, szilárd, vagy cseppfolyó test spectrumában, fekete vonalak nincsenek; ha ezen fény vezetett át alkalmas konyhasó-lángon, a spectrumban fekete vonalak mutatkoztak, a Natriumvonalak helyén. Ugyanaz következék be, ha az izzó mézscylinder helyett platinadrót lett használva, mely láng által megizzított és elektromos áram segítségével közel olvadási pontjáig hevítettett.

Ezen tünemények könnyű magyarázatot nyernek azon föltevással, hogy a Natrium lángja azon törékenységű sugarakat absorbeálja, a melyeket maga bocsát ki, ellenben minden egyéb sugár számára teljesen átlátszó.“

Miután Kirchhof más anyagoknál is minden általa megvizsgált esetben hasonló eredményre jutott, mathematicai úton is taglalta e kérdést és pedig oly fényes eredménnyel, hogy a fénytán egy fontos törvényét sikerült megállapítania, a mely törvény szerint:

Egyforma hőmérséknél a kibocsátó és elnyelő képesség viszonya minden sugárnemre és minden testre nézve ugyanaz. A miből következik, hogy egy izzó gáz ugyanazon sugarakat nyeli el, a melyeket maga kibocsát, hogy tehát bizonyos körülmények között, fényes vonalakat mutató színek olyanba változtathatók át, melyben fekete vonalak lépnek föl, az előbbi fényes vonalak helyén.

Váratlan és meglepő eredmények érettek el ezen törvény alkalmazásával az égi testek anyagi összetételére nézve. Először kitűnt a napról, hogy a földünkön található fémek legtöbbje előfordul a napban is. Hogy a nap maga rendkívül magas hőmérsékű magot kell hogy tartalmazzon, mely izzó gázburokkal (Chromosphära) van mindenütt körülvéve, melynek hőmérséke alacsonyabb, mint a nap magjának hőmérséke, s a mely számos anyagnak izzó gőzét tartalmazza. A fénysugarak, melyeket a magas hőmérsékű mag kilövel, keresztül hatolván az izzó, de alacsonyabb hőfokú gázburokon, mintegy megszűnnek; a gázburok anyagai visszatartják, elnyelik azon sugaraknak egy részét, a melyeneket magok bocsátanak ki, a minek eredménye, a sötét vonalok föllépése a nap színekében. Mert a nap magjának egyéb, a gázburok által elnyelt, s intensiv fényű sugarai mellett, a gázburok által legyengített sugaraknak homályosoknak kell látszaniok, annál sötétebbeknek, mennél nagyobb a különbség a változatlanul átment és a részleg visszatartott sugarak intenzitásában.

A Chromosphaera ugyan maga is bocsát ki hatalmas fénysugarakat, azonban a mag rendkívül magas hőmérsékéhez képest, e fénysugarak fényereje messze túlhaladatik a mag fényereje által, úgy, hogy a mag egyes sugarainak elnyeletése folytán szükségképen jelentékeny intenzitásbeli különbségeknek kell beállaniok, a melyek a fekete vonalak föllépésében nyilvánulnak.

Tehát a fekete vonalak a nap színeképében azon anyagoknak felelnek meg, melyek a nap chromosphärájában izzó állapotban léteznek, s a mely vonalak helyén fényes vonalak jelennek meg, ha az izzó gáz fényét közvetlenül észleljük, a nélkül, hogy sugarai előbb hasonló anyagú izzó gázon mentek volna át.

A vas rendkívül számos fényes vonalának, melyet mutat, midőn elektromos szikrák csapnak át csúcsai között, ugyanannyi fekete vonal felel meg a nap színeképében, a színeképnek ugyanazon helyén és ugyanazon jelleggel, azaz mentől fényesebb a vas illető vonala, annál sötétebb csík felel meg neki a nap spectrumában; élesen határolt vonalnak éles, elmosódott szegélyűnek elmosódott határú fekete vonal. A nap chromosphaerájában izzó vasgőzöknek kell jelen lenni.

„Kell oknak léteznie, — mondja Kirchhoff — mely ezen egybevágást előidézi. Meg lehet nevezni az okot, mely ennek magyarázására tökéletesen alkalmas; az észlelt tény abban leli magyarázatát, hogy azon fényugarak, melyek a nap színeképét adják, vasgőzön haladtak át és itt szenvedték amaz elnyeletést, a melyet vasgőzök föltétlenül okoznak. Az egybevágásra (Coïncidenzia) nézve ezen ok az egyedül megnevezhető; föltételezése azért szükségyszerűnek tűnik föl. Már most vagy az gondolható hogy a vasgőzök a nap vagy az, hogy a föld légkörében tartalmaztatnak. De a mi légkörünkben lehetetlen oly nagy mennyiségű vasgőz lételetét föltételezni, mely elegendő legyen arra, hogy oly kiváló elnyeletési vonalakat a nap színeképében előidézzon, a milyenek a vasvonalaknak megfelelők; annál kevésbé, a mennyiben ezen vonalak észrevehetőleg nem változnak, mikor a nap a horizonhoz közeledik. Ilyen gőzök föltételezésével azonban a nap légkörében, azon magas hőmérsék mellett melyet neki tulajdonítanunk kell, semmi sem ellenkezik. Ennél fogva azt tartom, hogy a nap színeképének észlelése a vasgőzök jelenvoltát a naplégkörében oly nagy fokú biztossággal bizonyítja, a milyen a természetudományokban egyáltalán elérhető.“

Az ő, valamint Angström, Thalén és Lockyer vizsgálati szerint, a nap a következő egyszerű testeket tartalmazza:

Hydrogén,	Calcium,	Zink,	Vas,	Uran,	Réz,
Kalium,	Strontium,	Cadmium,	Cobalt,	Titan,	Ólom,
Natrium,	Baryum,	Aluminium	Nickel,	Vanadin,	Palladium.
Rubidium,	Magnesium,	Mangan,	Chrom,	Cer,	

Az álló csillagok színképeiben is különböző földi elemek vonalai lépnek föl. Igy p. az Aldebaran spectrumában láthatók a Hydrogén, Natrium, Calcium, Magnesium, Vas, Bismuth, Tellur, Antimon és Higany vonalai.

A saját fényvel világító égi testek chemiai összetételére nézve a spectralanalysis az egyedüli eszköz, mely felvilágosítást képes nyújtani. Megszabadított az üstökösök rémétől, kiderítvén, hogy az üstökös nem szilárd test, hanem légnemű, szénhydrogén vegyekből áll, a milyen a mocsárlég. Aligha vennők észre, ha földünk valamely üstökös farkán haladna át. Nem egy másnemű feltűnő égi tűnemény mibenlétéről nyertünk már legalább egy bizonyos fokig felvilágosítást a színképelemzés által. A legelsőek egyikét képezi azon nevezetes észlelés, melyet Huggins és Miller tett 1866-ban, midőn május havában a Corona borealis csillagképében egy különben csak távcsővel látható kis csillag egyszerre elsőrangú csillagnál erősebb fényben kezdett tűndökölni. Reáirányozván a spectrokopot, az álló csillagok sötét vonalás színképében fényes vonalakat, és pedig a Hydrogén vonalait látták meg. Nagy eruptiónak kellett végbemennie azon az égi testen, roppant tömegű izzó Hydrogén gáznak kitörnie, melynek a csillag szokatlan fényét köszöné. A tűnemény erőssége lassanként apadt s ugyanazon év augustus havában a csillag eredeti fényére tért vissza.

A nap gőzkörében legelőször teljes napfogyatkozások alkalmával láttak sajátos, lángalakú képződményeket, melyek rendkívüli gyorsasággal változtatják meg külsejüket és helyzetüket. Megnőnek néha egy óra lefolyása alatt 6—10,000 kilométer magasságra s ép oly rövid idő alatt vissza is hanyatlanak, elsimulnak a nap fölszínén. Ezek a protuberanciák. Az észlelő távcsövek sajátos berendezése folytán, ma már bármikor vizsgálhatók. Kitűnt, hogy izzó Hydrogégázból állanak, melyhez még néhány egyéb elemnek, főleg Magnesium és Calciumnak gőzei járúlnak. Oly iszonyú viharoknak színhelye a nap gőzköre, a mikhez képest a földünk légkörében végbemenő áramlások leghevesbire legfőlebb egy gyermek lehetének mondható. Volt eset rá, hogy 90 másodpercz kilomaternyi gyorsasággal röpült az izzó Hydrogén orkán a magasba, ijesztő piros lángcsóvát nyújtva az ürbe.

De nem akarom még továbbra is fárasztani a m. t. közönséget. Csak még egy érdekes ténytet említek meg röviden, mely a színképelemzés

legbámulatosabb vívmányainak egyikét képezi. E módszer tette lehetővé azt, hogy a csillagok azon mozgásáról szerezhetünk tudomást, mely mozgás a gömbnek képzelt égbolt felületére merőleges. A csillagok azon mozgását, mely tőlünk elirányúl s a melyik felénk tart, a világtér óriási távolságai miatt közvetlenül nem lehet észrevenni. A távolságok oly nagyok, hogy a távozás és közeledés véges idő alatt, a csillag fényében látható változást nem okoz. De e csodás módszer, a spectralanalysis, kitágította látásunk határát elképzelhetetlen távolságokig is.

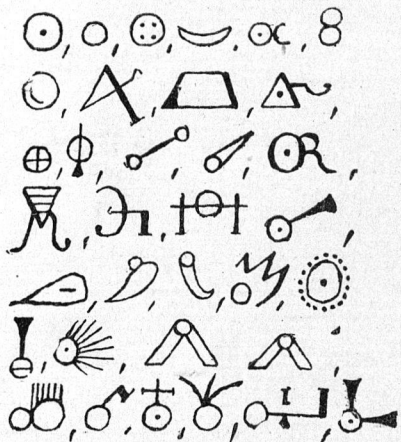
Nem tudom valjon észrevette-e már valaki a t. közönség közül, a midőn gyorsvonaton utazva egy vasúti állomás felé közeledék, s az állomásról egy gőzszíp vagy csengettyű hangja hallszott, hogy a hang nemcsak erősségében változott az állomás felé közeledtében, hanem magasságában is. Magasabbnak hallszott a közeledés alkalmával, mint a milyen magassággal az állomáson tényleg birt. Ugyancsak fordítva, ha az állomásról a gyorsvonattal elrobogunk, mélyebbnek halljuk az állomáson megszólaló hangot. Minden magasságu vagy mélységü hangnak egy másodperc alatt bizonyos számú hullámrezgés felel meg, melyre a hangzó test a levegő részecskéit bírja; halló szervünk a rezgési számoknak megfelelő hangról ad nekünk tudomást. Midőn a gyorsvonat nagy sebességével közeledünk a hangzó test felé, elébe megyünk a felénk tartó hanghullámoknak s többet fogunk el belőlük egy másodperc idejében, mintha egyhelyt állnánk, minek folytán magasabb hangot hallunk, mivel több rezgésnek egy másodperc alatt magasabb hang felel meg. Ha pedig gyorsan távolodunk a hangzó testtől, kevesebb hanghullám éri fülünket s a hang a mit hallunk, mélyebb.

Ugyanezen vonatkozás áll a fényt illetőleg is. Csakhogy ez esetben a gyorsvonat sebessége mellett mitsem vehetnénk észre, mivel ezen sebesség a fény terjedésének sebességével szemben el-tűnő csekély. Csakis világtérbeli gyorsaságok mellett fog ez érvényesülhetni. S közvetlenül szemmel, vagy pedig távcsővel észrevehetőleg csakis akkor, ha a fényforrás, mely felé planetarius sebességgel közeledünk, vagy a mely felénk közeledik, egyszínű, monochromos sugarakat lövel ki. Fehér fény, vagy általában több fajta sugarak kibocsátása mellett, a tünemény közvetlenül nem lenne észrevehető. A spectroscop megmutatja ilyenkor is. Az égi test színké-

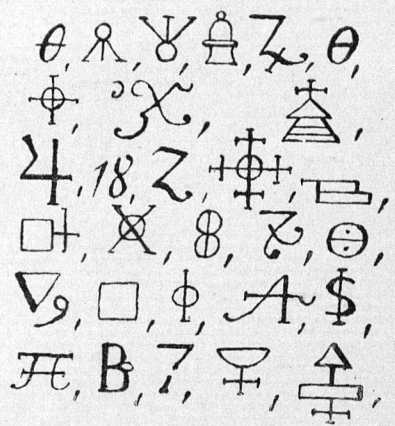
pének egyes sötét vonalai eltolódást mutatnak a színek bal — vörös — vége felé, ha az égi test felénk közeledik, a jobb — viola — oldal felé, ha távolodik. Az eltolódás nagyságából, ismerve a fény terjedési sebességét (296000 kilométer 1 másodpercre), ki lehet számítani a haladás másodpercenkénti gyorsaságát.

Igy számította ki egy alkalommal Huggins, a Sirius F. vonalának a millimeter 1.09 tizmilliomodrészével való eltolódásából a színek viola része felé, hogy a Sirius azon időtájt földünk felé rohant, másodpercenként 66.6 kilométernyi gyorsasággal.





Aurum.



Sal commune.



Sal gemmae.

