

ORVOS-TERMÉSZETTUDOMÁNYI ÉRTESITŐ

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

III. NÉPSZERŰ SZAK.

XII. kötet.

1890.

I. füzet.

VÁZLATOK A CHEMIÁBÓL.

Három népszerű előadás.

Dr. Fabinyi Rudolf e. tanártól.

III-ik előadás. *)

Az összetett testek alkatrészeinek mennyiségi meghatározása. Súly szerinti és térfogat szerinti analízis. Szénvegyületek kvantitatív analízise. A vegyület képletének kiszámítása. Vegyiértékek. A molecula szerkezetének analízise. A molecula synthesise.

Vegyi erélytan. Vegyrokonság. Az energia átalakulásai és az energia megmaradásának törvénye. A vegyi erő és a hő közötti viszony. A meleg mérése. Thermochemiai törvények és viszonyok. Befejezés.

III.

Mérleggel és karddal a kezében, bekötött szemmel, ábrázolták a rómaiak a jog és igazság istenasszonyát. Személyválogatás nélkül osszon mindenkinek egyforma mértékkel, s ítéletének, ha szükség, karddal szerezzen érvényt.

Mérlegre támasztva kezét, előrehajoltan áll a természetbúvárlat istennője, lelkes arcának átszellemült tekintete a végtelenségbe mélyed, hajában az ég legtündöklőbb csillaga ragyog.

*) Tartatott 1889. márczius 16-án.

Mérleggel tárja fel a bűvár a természet igazságait, s szellemének éle a kard, melylyel kivívja törvényeinek megnyilatkozását és biztosítja áldásos ismeretüket.

A mérleg itéletének hódol föltétlenül minden a mi e világon súlylyal bír. Bírónak ismeri el az élet primitív szükségleteiben a fidshi szigetek vad lakója s döntése alá terjeszti a tudós a tudomány mélységes kérdéseit.

Hogy megsemmisíthetlenségünk, a mérleg mondta meg nekünk, hogy az anyag, mely testünket alkotja, örökké megmarad. Változzék bár alakja, elemei változhatlanok, enyészet számukra nem létezik. Övék az élet, ma egyszerű —, földünk legtökéletesebb formájában holnap. Ideális felfogásban ő intézi erkölcsi világunkat s létünk legmagasabb kérdéseiben hozzá folyamodunk. Együvé gyűjtve a természet és élet megfigyeléseit, az öntudat, a sejtelem és a hit érveit, szemben a pozitív tudás elégtelenségével, a bizonytalansággal — serpenyőjébe teszszük és örömmel látjuk a serpenyő mély lebillenését, mely a lelkünkben gyökerező sejtelmes reménynek ad igazat.

Elsőrangú szerepet visz a mérleg, az anyagi világ tüneményeinek és törvényeinek megismerése körül. Alig lehetne megnevezni egyet is, melynek genesis alkalmával vagy fejlődése korszakán a mérleg közreműködésére nem találnánk. Szükség volt és van reá minden természettudományban. A chemiának jelen korszakát épen séggel a mérleg korának nevezték el, alapvető törvényeinek megállapítása, közvetlenül a mérleg és következetes fölhasználásának eredménye. Midőn az anyag mennyiségi viszonyainak pontos meghatározásáról van szó, itéletünk meghozásában a mérleg jelzéseire vagyunk utalva. Egyaránt az egyszerű, mint a leghonyodalmasabb kérdésekben.

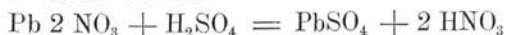
Ha ismerjük valamely összetett test elemi alkatrészeinek minőségét, mennyiségök megtudása végett, le kell hogy mérjük őket. A mennyiségi elemzés — kvantitatív analízis — tanít ilyen mérések eszközlésére.

Hogy valamely összetett test egyes alkatrészeinek mennyiségét meghatározhassuk, szükséges, hogy ezen alkatrészeket egymástól elkülönítsük, s vagy közvetlenül — ha lehet — lemérjük, vagy ha ez az illető alkatrész természeténél fogva nehézségekbe ütköznék, hogy oly alakba hozzuk, mely lemérését lehetővé teszi. Az alkatrészek egy-

mástól való elválasztására a legtöbb esetben a qualitativ analyzisben követett eljárást kell alkalmaznunk, osztályokba egyesíteni a rokon tulajdonságú alkatrészeket, azután az egyes osztályokat csoportokra és alcsoportokra bontani, a míg eljutunk az egyes alkatrészekhez, a melyeket összegyűjtve és a kellő alakba hozva, végül lemérünk. A kellő alak alatt, az egyes elemi alkatrésznek oly természetű vegyületeit értjük, a melyek a leválasztásuknál jelenlevő folyadékokban teljesen oldhatlanok, továbbá oly szilárd halmazállapotú testet — csapadékot — képeznek, mely veszteség nélkül tökéletesen kimosható, tehát azon idegen anyagoktól, melyek mellette azon oldatban tartalmaztattak, melyből csapadék alakjában leválasztottuk, tökéletesen megszabadítható; a csapadéknak végül oly természetűnek kell lennie, hogy összetételét a levegőn való szíritásnál se hidegben, se melegben ne változtassa.

A megfelelő vegyülete alakjában leválasztott elemi alkatrész mennyiségét, a nyert vegyület mennyiségéből, súlyából számítjuk ki, támaszkodva a vegyszűrtani törvények egyikére, az állandó súlyviszonyok törvényére, mely miként az első előadásból tudjuk, azt mondja, hogy ugyanazon vegyületben az alkatrészek viszonyos mennyisége mindenkor változatlanul ugyanaz.

A tárgyat könnyebb megértése végett czélirányos lesz, egy példával megvilágosítanom. Fémötövetet vizsgálunk, melynek alkatrészeiül minőleges vegyelemzés fonalán ólmot, rezet és ónt ismerünk föl. Az egyes fémek viszonyos mennyiségének meghatározása végett, Salétromsavban feloldjuk. Az ólom és a réz Salétromsavas sóik alakjában feloldódnak, míg az ón a fennforgó körülmények között oldhatlan dioxyd vegyületévé alakul. Főzés által elhajtván a fölösen alkalmazott Salétromsavat, destilált vízzel fölhigítjuk a sűrű maradékot s papir tölcseren megszűrjük. A szűrőn összegyűjtjük a fehér por alakú Óndioxydot s forró vízzel több ízben megmossuk, hogy az ólom és réz-sótól teljesen megszabadítsuk. Ez utóbbiakat a szűrőről lecesepegő oldatban gyűjtjük össze. Ha ez oldatba híg Kénsavat töltünk a Salétromsavas ólomból Kénsavas ólom lesz:



mely a jelenlevő folyadékban teljesen oldhatlan lévén, fehér finom por alakjában leülepedik, míg a Réz, melynek Kénsavas sója is vízben oldható, a folyadékban oldott állapotban megmarad. Most le-

szűrjük a Kénsavas ólmot, kimossuk s a lecsepegő folyadékot összegyűjtjük, hogy belőle majdan a rezet kicsaphassuk. Elegendő azonban a mi céljainkra, hogy csak egyikével ezen anyagoknak foglalkozzunk tüzetesebben. Kövessük azért az ólom mennyiségének meg tudására vezető eljárás menetét.

A szűrőn összegyűjtött Kénsavas ólmot megszáritjuk s aztán porát óvatosan betöltjük egy előzetesen megmért porcellán tégelykébe. A papír szűrőt, a melyen összegyűjtöttük volt, kemény kis hengerré csavargatjuk össze, s körülfogjuk egy platina dróttal, hogy a lángba tartva elégethessük s a hamut, mely között még kevés, a papirról el nem távolítható ólomsó maradt volt, szintén lemérhessük. A kiégetett hamut a tégely fedelére teszszük. Miután ez is megtörtént, melegítjük a tégelyt, hogy a Kénsavas ólomból a víz utolsó nyomait is elhajtjuk, s hogy ne szívhasson a levegőből újra vízgőzt magába mialatt kihül, beteszszük még melegen egy fűdeles üvegedénybe, melynek fenekén Chlorcalciumsó van, a melynek az a tulajdonsága, hogy az őt környékező levegőből a vízgőzt mind magába vonja, tehát az üvegedénynek levegőjét vízgőzmentessé teszi. Miután tégelyünk kihült, reá teszszük a mérlegre és pontosan meghatározzuk az összes súlyát. Analytikai mérlegünkön a gramm tizezeredrészreig menő pontossággal mérhetünk. A talált összes súlyból levonjuk az előzetesen lemért tégely-súlyt, a különbség a Kénsavasólom súlya, meg a szűrőpapír hamujának csekélyke súlya. Hogy magának a tiszta Kénsavas ólomnak súlyát megtudjuk, le kell tehát még vonnunk a nyert különbozeti súlyból a papirhamú súlyát. Hogy ez mennyit nyom, azt rendszeren szintén előzetesen szoktuk meghatározni, oly módon, hogy ugyanazon fajta papirból vagy öt—hat ugyanakkora nagyságú szűrőt elégetünk, megmérjük hamujok súlyát s e súlyt az elégetett szűrők számával elosztjuk, hogy az egy szűrőre eső súlyt megtudjuk.

Tegyük föl, hogy a tiszta Kénsavas ólom 0.3659 grammnyit nyomott.

Hogy ezen mennyiségnek hányadrészét képezi az ólom, azt kiszámíthatjuk a Kénsavas ólom ismert összetételéből. A Kénsavas ólom képlete:



az az 1 moleculájában 1 atom Ólom, 1 atom Kén és 4 atom Oxygén foglaltatik. Molecula súlya ennek folytán:

1 atom Ólom	súlya	207
1 „ Kén	„	32
4 „ Oxygén	„ 4 × 16 =	64
PbSO ₄ . . . ,		303.

Tehát a következő arányt kell fölállítanunk:

gr. Kéns. ólomban van: gr. ólom — tehát — gr. Kéns. ólomban: gr. ólom
 303 : 207 = 0.3659 : x;

az x ismeretlent e szerint megkapjuk, ha az arány beltagjait egymással megszorozzuk és a szorzatot az ismert kültaggal elosztjuk:

$$x = \frac{207 \times 0.3659}{303} = 0.24997 \text{ gr. ;}$$

0.24997 gr. Ólom volt tehát az általunk feloldott 1 gr. fémötvetben, ez utóbbinak 100 részében tehát:

$$1 : 0.24997 = 100 : y ;$$

$$\text{e szerint } y = \frac{100 \times 0.24997}{1} = 24.997$$

vagyis, csaknem egész pontosan 25^o/_o.

Vannak esetek, a mikor az elektromosságnak vesszük nagyon jó hasznát mennyileges elemzéseknél. Számos fémsónak az oldatából az elektromos áram a fémét elemi állapotban tökéletesen kiválasztja, összegyűjthetjük s közvetlenül lemérhetjük. Az oldaton átbocsátott elektromos áramnak gyengének kell lennie, ilyenkor a fém, a rendesen platinából készített elektródán erősen megtapadó rétegben válik ki. Elektródának az áramot vezető drót végeire kapcsolt lemez, csésze vagy egyéb alakú fémrészeket nevezzük, a melyek egyikéről az áram az oldatba lép, a másikon pedig az oldatot elhagyja. Az az elektróda, a melyikről az áram az oldatba jut a positiv, a másik a negativ. A fémek sóiknak oldatából mindig a negativ elektródán válnak le. Elektromos telepem negativ sarkát összekapcsolom egy platina csészével, melybe rézgáliczoldatot töltök, a positiv elektródát kör alakú lapos platinalemez képezi, ezt bemártom az oldatba úgy, hogy lehetőleg egyforma távolságra álljon mindenütt a csésze fenekétől. A rézgálicz oldata lassanként vesz kék színének erősségéből, végre víztiszta lesz: az összes réz kicsapódott belőle a platina csészére; vörös színű réteg

borítja azt be egyenletesen. Ha előzetesen megmértük a csészébe öntött rézgálicz mennyiségét, s magát a platina csészét is, a művelet végével csak ki kell azt öblögetni, megszáritani s újra lemérni, hogy megtudjuk a reá tapadt, tehát a rézgáliczból kiválasztott vörös réz mennyiségét.

Bármilyen alakot adjunk is a negatív elektródának, alkalmas árammal leválaszthatjuk a fémeket oly módon, hogy szívós, összefüggő réteget képezzenek, mely tökéletesen hozzáidomúl az elektróda alakjához, annak tehát hű negatív másolatát képezi, mely, ha elegendő vastag lett, az elektródáról tökéletesen le is fejthető. Fémmásolatok ilyen módon való készítése a galvanoplastika feladata, mely ma már közkinccset képez s a műipar egyes ágait nagy virágzásra juttatta.

Quantitativ meghatározásokat még egyéb, az eddigiektől eltérő módon is hajthatunk végre. Egy bizonyos vegyület, vagy ezen vegyületben levő egy alkotórész mennyiségének kitudására számos esetben akként is járhatunk el, hogy a kérdéses vegyületet vagy alkotórészét arra alkalmas anyag és eljárás segítségével egy más vegyületté, vagy egy más vegyület alkotórészévé alakítjuk át. A végül eredményezett testet ilyenkor nem szükséges lemérni, hanem a helyett azon anyagot, mely az átalakításra szolgált, mivel ennek a mennyiségéből következtetést vonhatunk az átalakított anyag mennyiségére. Az analysis ezen módjának definitiója talán nehezebben érthető, remélem azonban, hogy egy példa meghányása azt azonnal kellő világosságba helyezi.

Meg akarnók például tudni, hogy egy Natronlúg óldatban mekkora a Natronhydrát — NaOH — mennyisége? E végből alakítsuk át a Natronhydratot Chlornatriummá, Sósav segítségével. Az átalakításra felhasznált Sósav mennyiségéből ki fogjuk számíthatni a Natronhydrat mennyiségét is, támaszkodva azon, általunk már a második előadásból ismert egyenletre:



melyből tudjuk, hogy:

1 molecula, azaz 40 gramm NaOH és
1 " " 36.4 " HCl

között cserebomlás jön létre, melynek eredménye:

1 molecula, azaz 58.4 gramm NaCl és
1 " " 18 " H₂O

Tehát 40 gr. NaOH átalakítására 36.4 gr. HCl szükséges, s így az esetenként ismeretlen mennyiségű NaOH-ot, a Chlornatriummá való átalakítására szükséges Sósav mennyiségéből egy arány meg-
 öldásával ki tudjuk számítani:

36.4 : 40 = x : y
 gr. HCl szükséges gr. NaOH átalakítására gr. fölhasznált HCl megfelel y gr. NaOH-nak
 a honnan:

$$y = \frac{40 \cdot x}{36.4}$$

A következő első kérdésül ezen művelet végrehajtásánál természetesen az merül föl, honnan, vagy miből tudjuk azt megítélni, mikor van az óldatban levő Natronhydrat Chlórnatrimummá teljesen átalakítva? hogy se többet, se kevesebbet, hanem csak éppen annyit használjunk föl a Sósavból, a mennyi a jelenlevő Natronhydrat telítésére, azaz Chlornatriummá átváltoztatására föltétlenül szükséges. Mert csakis ez utóbbi esetben bír következtetésünk jogosultsággal.

A válasz itten nagyon könnyű s tudom, hogy a m. t. társaság közül legtöbben azonnal is megtudnák adni. Ismerünk nem egy olyan anyagot, mely a Natronhydrat és Sósav közt végbemenő folyamatot legkevésbé sem alterálja, de igenis maga szemelláthatólag alteráltatik, vagy a Sósav, vagy a Natronhydrat, vagy mindkettő által, de ellentett értelemben, a míg a Chlornatrium reá nézve teljesen indifferens. Ilyen anyag például a l a c k m u s z kékszínű festőanyaga, melyet a Sósav legkisebb mennyisége is pirosra változtat, s mely újra visszanyeri kék színét, mihelyt a Sósavat Natronhydrattal telítjük. Ilyen anyag a P h e n o l p h t a l e ñ, melynek borszeszes óldatából töltök pár cseppet vízbe; Sósav hozzáadásával nem változik meg, az óldat víztiszta marad, de most telítem a Sósavat Natronhydrattal s abban a pillanatban, midőn a Sósav utolsó nyoma is Chlornatriummá alakúlt, szép ibolyapiros színt nyer az egész óldat. Egy csepp Sósav újra elszínteleníti, egy csepp Natronhydrat megint megfesti. Ilyen tulajdonságú anyagokban tehát érzékeny kémleőszerekkel bírnak a fölvetett kérdésben annak eldöntésére, hogy mikor van az óldatban foglalt Natronhydrat teljesen Chlornatriummá átalakítva.

Az analysis ezen nemében az átalakításra szolgáló anyagot mindig óldott állapotban alkalmazzuk; a Natronhydrat mennyileges meghatározására tehát a Sósavgáznak vízbeli óldatát, köbcentiméterekbe

osztott, alsóvégükön csappal ellátott mérő csövekbe — bürettákba — töltjük, s ezen csövekből csepegtetjük a megméréndő anyag óldatába. Fölhasznált mennyiségüket, a bürettából kifolyt, köbcentiméterekben adott térfogatokban fejezzük ki és vesszük számításba; az analysis ezen módját tehát térfogatszerintinek nevezhetjük, szemben az előbb ismertetett, súlyelemzéssel, a melynek révén a nyert végeredmény súlyát határozzuk meg.

A térfogatszerinti analysisben az átalakításra szolgáló anyagokból a célirányos mennyiséget lemérjük, vagy a kellő mennyiséget egyéb módon meghatározzuk s azt 1 liter = 1000 köbcentiméter destillált vízben feloldjuk. Megállapítjuk tehát előzetesen óldataink hatásképességét; ismerjük, hogy hatásos óldataink 1 köbcentimétere, a meghatározandó anyagnak mekkora mennyiségét képes átalakítani, s ekként a fölhasznált óldat köbcentimétereinek számából rögtön megtudjuk a vizsgált anyag mennyiségét.

* * *

Az előbbeniektől lényegesen eltérő eljárás szolgál a szénvegyületek alkatrészeinek mennyiségi meghatározására. Ezen vegyületek túlnyomó sokaságában aránylag csak igen kevés különböző nemű elemi alkatrészszel találkozunk. A szén után leggyakrabban előforduló alkatrész a Hydrogén, az Oxygen s úgy a Nitrogén, a Kén és a Phosphor. A többi elemek közül csupán a fémek egynémelyike fordul elő a természetben képződő szervessókban. Mesterséges úton azonban a többi elemek is tehetők szénvegyületek alkatrészeivé, így kiváltképen a Chlor, Brom és a Jód rendkívül számos, ezen uton nyert szénvegyületben szerepel.

A szerves vegyületekben foglalt szén és Hydrogén, a szerves vegyület tökéletes elégetése által Szénsavvá és vízzé oxydálható. Ezen alkatrészek mennyiségi meghatározása céljából lemérünk a vizsgálat alá vett anyagból 0.2—0.5 grammnyit s azt oly körülmények között égetjük el, hogy az égésnél keletkező Szénsav és víz összes mennyiségét alkalmas módon összegyűjthessük és súlyát meghatározhatjuk. A nyert Szénsav és víz súlyából, ismerve ezen vegyületek összetételét, kiszámíthatjuk a bennük foglalt — s a lemért szerves vegyből eredő — szén és Hydrogén mennyiségét, és súlyszázalékokban fejezhetjük ki.

Az elégetésre szolgáló készülék egyik főalkatrésze mintegy 1 meter hosszú s 15—20 m/m átméretű üvegcső, tűzálló, nehezen olvadó káli üvegből. E cső $\frac{2}{3}$ -ában mintegy kölesszemnyi nagyságú tiszta Rézoxiddal töltetik meg, melynek az a tulajdonsága van, hogy sötét vörös izzó hőben a vele érintkezésbe jövő szerves anyag gőzét oxydálja, átadván neki Oxygénjét. A szerves vegyület, kis csónak forma edénykében, mely platinából vagy porcellánból készült, betolatik a cső üres részébe. Az égető csőnek mindkét végébe jól záró dugókat illesztünk, melyekbe előzetesen vékony, rövid üvegcsővecskéket erősítettünk. Gázkemencze csatornájába helyezzük el az égető csövet, alatta 12—20 Bunsen-lámpa áll sorjában, melyeknek lángja tetszőleg szabályozható s a kellő hőmérsék előidézhető. Az égető cső mindkét vége egy sor készülékkel áll kapcsolatban. A Rézoxyd felőli végén, ott, hol a szerves vegy oxydációjánál képződő Szénsavat és vízgőzt ki fogjuk bocsátani, az égető csővel összekapcsolatnak azon készülékek, a melyek a vízgőz és Szénsav összegyűjtésére szolgálnak. A vízgőz összegyűjtésére U alakú csövet használhatunk, melynek szárait darabos Chlorcalciummal töltjük meg. E só erősen nedvesség szívó tulajdonsággal bír s a vele érintkező légnemekből a vízgőzt teljesen fölveszi, a Szénsavra ellenben nincs hatással. Tehát az égetőcsőből kilépő légnemekből a vízgőz a Chlorcalciumos csőben vissza fog tartatni. Ezután következik egy több golyóval ellátott saját-szerű üvegekészülék, a melyet először Liebig használt erre a célra, s Liebig golyós-kálikészülékének is nevezik, mely tömör Kálihydrátot tartalmaz. Arra való, hogy a rajta búborekolva keresztül haladó légnemekből a Szénsavat visszatartsa, mely a Kalihdráttal Szénsavas kálivá vegyül. Végül a Káliapparatusra még egy rövid Chlorcalciumos csővecske következik, hogy a Kalihdrátból elpárolgó kevéske vízgőzt elnyelje. Lemérjük a kísérlet előtt külön e készülékeket. Súlynövekedésük a kísérlet végeztével, adja az égetésnél képződött víz és Szénsav mennyiségét.

Czélirányos az előbb említett utolsó csővecskét még egy jól szabályozható szívó készülékkel összekapcsolni, a végből, hogy a légnemeknek az elnyelő apparatusokon való áthaladását megkönnyítsük.

A másik végére az égetőcsőnek Chlorcalciummal, tömör Kénsavval és Kalihdráttal töltött csövek és készülékek kapcsolatnak, a melyek két gáztartóhoz vezetnek. Ezeknek egyike levegővel, a má-

sika Oxygénnel töltetik meg. Céljok az, hogy tiszta száraz és Szén-savtól ment levegőt, majd Oxygént lehessen az égető csőbe — lassú áramlással — behajtani, mely a szerves test elgőzölgésénél keletkező gázokat az izzó rézoxyd felé vigye és aztán az elnyelő készülékekbe. Az Oxygén még arra is szolgál, hogy a csónakban esetleg visszamaradó elszenesült anyagot teljesen elégesse, valamint a reducált Rezet is újból oxydálja. E szerencsés körülménynél fogva az égető cső a kísérlet végeztével, minden további előkészítés nélkül azonnal egy új elemzésre alkalmas, csak a cső csónakos részét kell kissé hűlni hagynunk, a csónakot új anyaggal kicserélnünk, s új, le-mért absorbeáló apparatusokat kötnünk össze a cső elejével.

Szükséges, hogy az elemzések megkezdése előtt, teljesen kiszá-rítsuk a csövet és a rézoxidot, a mi végből azt melegítvén száraz, tiszta légáramot hajtunk rajta keresztül. Csak azután tesszük be, a hátsó dugó pillanatnyi eltávolításával, az elégetendő anyaggal meg-terhelt csónakot.

Ha a szerves anyag Szén és Hydrogénen kívül még csak Oxy-gént tartalmaz, ennek közvetlen kísérleti meghatározását el lehet ke-rülni, a mennyiben az Oxygén mennyiségét megtudjuk a differentiá-ból: 100, és a szén és Hydrogén százalékaiknak összege között.

A Nitrogén s egyéb alkatrészek mennyiségi meghatározásának ismertetésébe, mely részben a leírthoz hasonló módon történik, ez-úttal az idő rövidsége miatt nem bocsátkozhatom. Céljainkra ele-gendő is lesz, ha egy oly concrét esettel foglalkozunk tüzetesebben, a melyben az elemzett szerves vegyület a fönnebb említett három alkatrészt tartalmazza: Szént, Hydrogént és Oxygént.

Ezen követelménynek megfelel például az Eczetsav. Határozzuk meg ennek az összetételét.

Lemértünk 0.5000 gr.-ot ezen vegyületből; az elégetés után a Chlorcalciumos, Kalihydratos készülékek megmérésekor az elsőnél 0.3038 gr., a másodiknál 0.7300 gr. súlynövekvést találtunk; tehát a keletkezett:

Víz mennyisége	0.3038 gr.
a Szénsav mennyisége	0.7300 gr.

A nyert víz mennyiségéből következőleg számítjuk ki a benne foglalt Hydrogén mennyiségét.

A víz molekulásúlya 18, mivel molekuláját 2 Hydrogén és 1 Oxygén atom képezi

$$\begin{array}{r}
 1 \text{ atom H súlya } 1, \text{ tehát } 2 \times 1 = 2 \\
 1 \text{ " O " } 16, \text{ " } 1 \times 16 = 16 \\
 \hline
 \text{H}_2\text{O} = 18 \\
 \text{H.}
 \end{array}$$

18 gramm vízben van 2 gr. H. tehát 0.3038 grban: x;

$$\begin{array}{l}
 \text{H.} \\
 \text{x.} = \frac{2 \times 0.3038}{18} = 0.03375 \text{ gr.}
 \end{array}$$

A Szénsav mennyiségéből pedig a benne foglalt Szén mennyiségét hasonló módon:

A Szénsav moleculásúlya 44, mivel molekuláját 1 Szén atom és 2 Oxygén atom képezi:

$$\begin{array}{r}
 1 \text{ C. atom súlya } 12, \text{ tehát } 1 \times 12 = 12 \\
 1 \text{ O. " " } 16, \text{ " } 2 \times 16 = 32 \\
 \hline
 \text{CO}_2 = 44
 \end{array}$$

44 gr. CO₂-ban van 12 gr. C, tehát 0.7300 gr. CO₂-ban van: x;

$$\begin{array}{l}
 \text{C.} \\
 \text{x.} = \frac{12 \times 0.7300}{44} = 0.19910 \text{ gr.}
 \end{array}$$

Az elemzés alá vett Ecetsav lemért 0.5000 grammjában tartalmaztatott tehát

$$\begin{array}{l}
 0.03375 \text{ gr. H. és} \\
 0.19910 \text{ " C.}
 \end{array}$$

Számítsuk ki most ezen vegyület százalékos összetételét. E végből a következő arányokat kell megölgdanunk:

$$\begin{array}{r}
 \text{vett anyag H. anyagban H.} \\
 0.5 : 0.03375 = 100 : x; x = 6.75 \\
 \text{C. C.} \\
 0.5 : 0.19910 = 100 : y; y = 39.82
 \end{array}$$

A Hydrogén és Szén százalékait összeadva és kivonva az özszeget 100-ból, kapjuk az Oxygén százalékos mennyiségét.

$$100 - 46.57 = 53.43$$

Az Eczetsav százalékos összetétele tehát:

	%
C	39.82
H	6.75
O	53.43
	100.00

Az Eczetsav százalékos összetételének ismeretéhez eljutván, egy lépéssel előbbre is haladhatunk; módunkban van ugyanis levezetni az Eczetsav moleculáját alkotó atomok számának legegyszerűbb viszonyát. Hogy e viszonyos értékeket megkapjuk, azt kell megkeresnünk, hogy az egyes alkatrészek százalékaiban háányszor foglaltatik az illető alkatrészek atomsúlya, azaz az egyes alkatrészek százalékait osztanunk kell ezen alkatrészek atomsúlyával. Gyorsabb haladhatás végett e számítást már előzetesen megtettük, s transparenss üveg-táblánkon látjuk az eredményt:

	%	
C. 39.82	$\frac{39.82}{12}$	= 3.318
H. 6.75	$\frac{6.75}{1}$	= 6.750
O. 53.43	$\frac{53.43}{16}$	= 3.339

E viszony számokat egyszerűbb alakba hozandók, osszszuk el valamennyit, a köztük előforduló legkisebb értékkel. E művelet eredménye is megjelenik transparenss táblánkon:

C.	$\frac{3.318}{3.318}$	= 1.000
H.	$\frac{6.750}{3.318}$	= 2.034
O.	$\frac{3.339}{3.318}$	= 1.006

Az ekként nyert értékek, az Eczetsav moleculáját alkotó Szén, Hydrogén és Oxygén atomok legegyszerűbb számbeli viszonyát fejezik ki. Az egész számoktól való eltérések nagyon kicsinyek és kétségen kívül az elemzésnél ki nem kerülhetők, csekély kísérleti hibákból erednek. Joggal állíthatjuk emélfogva, hogy az Eczetsav mole-

kulájában 1 atom Szénre, 2 atom Hydrogén és 1 atom Oxygén esik, hogy tehát az Eczetsav legegyszerűbb képlete:



Legegyszerűbb azért, mert egyszerűbb alakban nem fejezhetjük ki, a nélkül, hogy az atomtheoria alapelvét, az atomok oszthatlanságát, halomra ne döntsük; 1 atomnál kevesebb valamely elemből egy moleculában sem fordulhat elő. Ezen legegyszerűbb formula alapján az Eczetsav moleculasúlyául 30-at nyerünk, mivel

$$\begin{array}{r} \text{C} \quad . \quad . \quad . \quad 12 \\ \text{H}_2 \quad . \quad . \quad . \quad 2 \\ \text{O} \quad . \quad . \quad . \quad 16 \\ \hline \text{CH}_2\text{O} = 30 \end{array}$$

Hogy azonban az Eczetsav moleculája a valóságban ekkora nagyságú, hogy 30-e a moleculasúlya, az az eddigi vizsgálatainkból még egyáltalán bebizonyítva nincsen.

1 : 2 : 1 hez, ugyanazon viszonyban van, mint

2 : 4 : 2 hőz, vagy

3 : 6 : 3 hoz,

4 : 8 : 4 hez, stb.

Épp oly joggal írhatnók tehát az Eczetsav formuláját CH_2O helyett

$\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ -nek, minek 60 felelne meg moleculasúlyúl, vagy

$\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$ -nak, " 90 " " " "

$\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_4$ -nek, " 120 " " " "

stb.

Ezen formulák mindenikéből ugyanazon százalékos összetétel számíthatóik, mint a legegyszerűbből.

Vizsgálódásunkban az Eczetsav összetételét illetőleg e szerint egy oly határhoz értünk, melyen túllépni pusztán a quantitativ analysis segélyével nincs módunkban. Meghatározhattuk vele azt, hogy az Eczetsav száz súlyrészében hány súlyrész Szén, Hydrogén és Oxygén foglaltatik; levezethettük alkatrészei atomjainak legegyszerűbb számbeli viszonyát, a mely szerint moleculájában előfordúlnak, de az atomok valóságos számának, a molecula valóságos nagyságának ismerete segédeszközünkkel megoldatlan maradt.

Igy állt a tudomány ezen kérdésekkel szemben e században csaknem a hatvanas évekig, míglen segélyére érkezett ama fontos törvénynek legnagyobb horderejű consequenciája, melyet második elő-

adásomban igyekeztem megvilágítani: A v o g a d r o törvényének consequentiája, mely a moleculasúlyok számértékeinek meghatározását lehetővé tette.

Alkalmazzuk tehát a törvényt mi is most az Eczetsav moleculasúlyának megtudására. Az Eczetsav bomlás nélkül gőzzé alakítható, gőzéből 22.34 liternyi térfogat 60 grammot nyom. Tehát az Eczetsav moleculasúlya 60, s ennekfolytán moleculaképlete az általunk talált képlet kétszerese által nyer helyes kifejezést:



Ismeretünk az Eczetsav alkatáról, ha mindjárt a moleculaképlet birtokában is vagyunk, ezzel még nem érte el betetőzését. Az utolsó évtizedek bámulatos vívmányai a magasabb analysis mezején, lehetővé teszik nekünk ma, hogy mélyebb betekintést is nyerjünk a vegyületek moleculáinak rendszerébe. Lehetővé vált azon még néhány évtized előtt csak tudományos álomnak tartott föladat megoldása, megismerhetni a moleculát alkotó egyes atomok viszonylagos helyzetét, elrendezését a molecula határain belül, valamint a csillagásztan megismerte a naprendszer egyes égitesteinek kölcsönös helyzetét. Sőt a microcosmossal foglalkozó chemia még bámulatosabb eredményeket is tud felmutatni: eszközölhető a moleculát alkotó atomok rendszerének öntudatos, tervszerű megváltoztatása, atomoknak adott pontokról való eltávolítása, kicserélése másnemű atomokkal; moleculáknak elbontása és újra fölépítése, a moleculáknak számítás által előzetesen megállapított tulajdonságokkal való fölruházása.

A csillagász a csillagoknak öröktől kimért pályáján változtatni nem képes, az atomok világa ellenben értelmi tehetségeinknek, akaratunknak hozzáférhető. A combinációk, értve ezalatt az atomok kölcsönös helyzetét a moleculákban, adott számú és nemű atomok között sokfélék lehetnek. Valamint az építész egy bizonyos, meghatározott mennyiségű és nemű építőanyagból sokféle, különböző jellegű és beosztású, tehát különböző tulajdonságokkal fölruházott építményeket alkothat, ép így különböző tulajdonságokkal fog bírni, a különben az anyagok nemében és az atomok számában egymással megegyező, de az atomok kölcsönös elrendezésében eltérést mutató vegyületek moleculája. Igen sok olyan testet ismerünk, különösen a szénvegyületek sorában, a melyek ugyanazon elemekből állanak, az atomok ugyanazon számát tartalmazzák, melyeknek moleculasúlyuk,

és százalékos összetételük tehát egyforma, de a melyek physikai, chemiai és élettani tulajdonságaikban lényeges eltérést, olykor a legélesebb ellentétet mutatják. Ezeket is o m é r vegyületeknek nevezzük. E tapasztalati ténynek, az is o m é r i á n a k, előidéző okát, a legtöbb esetben, az illető vegyületek moleculáit összetevő atomok különböző elrendezésében sikerült megtalálni. A moleculák ilyen értelemben vett alkotásának, s t r u c t u r á j á n a k földerítése körül, a chemia valóban meglepő sikereket bír fölmutatni. A s t r u c t u r - c h e m i a, a mint tárgya után a tudomány e részét elnevezték, tökélyének oly magas fokára jutott el, hogy a szénvegyületek óriási terrenumán ma már aránylag kevés oly vegyületesoport létezik, melynek közelebbi viszonyai még ismeretlenek; vívmányai alapján sikerült a szénvegyületek tömkelegébe rendszert vinni be, s azokat áttekinthető módon classifikálni.

E. D u B o y s - R e y m o n d, a híres physiologus 1882 junius 29-én, L a n d o l t chemikus felavatásánál a porosz tudományos akadémia tagjává, az újkor chemiájáról következőleg nyilatkozott:

„Ich weiss nicht, ob es ein staunenswerteres Erzeugniss des menschlichen Geistes giebt, als die Structur-Chemie. Aus dem, was den unbefangenen Sinnen als Qualität und Wandlung des Stoffes erscheint, Schritt für Schritt eine Lehre zu ermitteln, wie die von den Isomerie-Verhältnissen der Kohlenwasserstoffe, war wohl kaum leichter, als die Mechanik des Planetensystems aus der Bewegung leuchtender Punkte zu erschliessen.“

Az atomok helyzetére vonatkozó tanulmányokban azon tapasztalati tényekből indulunk ki, hogy a vonzási erő, mely a vegyülést előidézi, az atomok által csak bizonyos meghatározott számú irányban gyakorol hatást, s ennek folytán az atomok csak bizonyos, őket jellemző számban egyesülnek egymással. Ha valamely atom vonzási képessége, más atomokkal való vegyülésénél fogva kielégítést nyert, ezen atom új vegyületeket többé nem képezhet, más atomokkal többé nem egyesülhet, csakis akkor, ha az általa lekötve tartott atomokból távozik el valamelyik, a melynek helyére aztán léphet az új atom. Az atomok v e g y i é r t é k é n e k nevezzük ezen tulajdonságot. Számbeli értékének meghatározásánál egységül a Hydrogén vegyülési képessége szolgál. A Hydrogén 1 atomja 1 atom Chlórral, 1 atom Brómmal vagy 1 atom Jóddal egyesül oly moleculákká, a melyekben

a két-két atom vonzása kölcsönös kielégítést nyert, egymást kölcsönösen mintegy megkötve tartja, egymást telíti. A H. telítőképességét, vegyértékét 1-nek tévén, a Cl. Br. J. atomjait is egyvegyértékűeknek kell tekintenünk. A vegyérték megjelölésére az atomok symbolumai mellé annyi vonást teszünk, a hány vegyértékű az illető atom. Tehát a Hydrogén, Chlor, Brom, Jód symbolumai tekintettel vegyértékükre, következőleg lesznek irandók:



s a három utóbbinak a Hydrogénnel képezett vegyei:



vagy egyszerűbben, a vegyérték kölcsönös kielégítését csak egy vonallal jelölve:



A Hydrogén az Oxygénnel, a Kénnel, a Tellurral, a Selenel oly telített vegyületeket képez, a melyekben ezen elemek egy-egy atomjára két atom Hydrogén esik, a miért ez elemek atomjait két vegyértékűeknek kell tekintenünk:

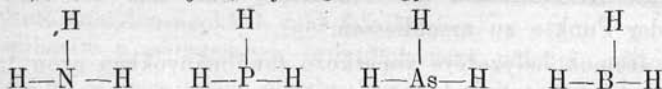


s Hydrogén vegyeiket következőleg írhatjuk:

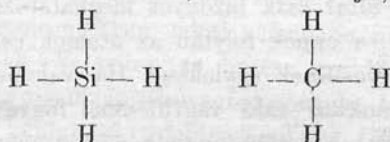


Víz Kénhydrogén Tellurhydrogén Selenhydrogén.

Három vegyértékű atomnak ismerjük a Nitrogén, a Phosphor, az Arsen, a Bor atomjait; Hydrogén vegyeik:



Négy vegyértékű a Silicium, a Szén atomja; Hydrogén vegyeik:



Az eddig felsorolt elemek egy csoportot képeznek, melynek egyes tagjai chemiai viseletöket és physikai tulajdonságaikat illetőleg többé-kevésbé rokon természetet tanúsítanak és többnyire jelentékeny különbséget a második csoportot képező elemektől: a fémektől. Ez utóbbiaknál szintén igen különböző vegyértékű atomokra találunk, egy, kettő, három, négy, sőt öt és hat vegyértékűekre is.

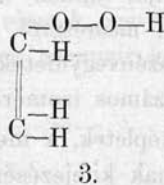
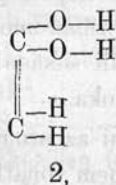
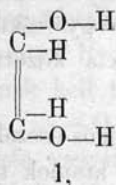
addig nem léphet, míg a másik atommal vonzási viszonya fennáll, tehát hosszabb atomlánczatok keletkezésére alapúl nem szolgálhat, addig az egynél több vegyértékű atomok, vegyértékeiknek szintén több vegyértékű atomokkal való részleges telítése által, egymással összefüggő, hosszabb és különböző elágazásokkal bíró atomrendszereket, lánczatokat alkothatnak. A kombinációk tehát, mihelyt több vegyértékű atomok rendszerei kerülnek szóba, többfélék lehetnek, sőt igen jelentékeny számúak, ha a vegyület moleculájában számosabb több vegyértékű atom fordul elő. A komplikációt lényegesen növeli még azon körülmény, hogy a több vegyértékű atomok nemcsak más anyagú atomokat jutatnak vonzásuk körébe, hanem a velök megegyező anyagú atomokkal is egyesülhetnek, vegyi vonzásuk, vegyértékeiknek részleges és kölcsönös igénybevételével. Valamennyi anyag között a szén atomjai tűnnek ki főleg e képességgel, a mely körülményben egyrészt, másrészt pedig a szénatomok négy vegyértékűségében rejlik a szénvegyületek rendkívüli sokadalmának és a közöttük előforduló számos izomériának az oka.

A képletek, a melyekkel mi az atomok kölcsönös összeköttetési viszonyainak kifejezésére élünk, nem vonatkoznak az atomok térbeli helyzetére, a melyről eddig vajmikeveset tudunk. A tan az atomok vegyértékéről azon a tapasztalati tényen nyugvó, hogy az atomok törekvése a vegyiegyesülésre, más atomok vagy atomcsoportok egyforma számú egyenértéke által elégítetik ki, függetlenül ez utóbbiak természetétől. Ezen ténynek kifejezése azonban a képletekben — melyeket alkati vagy structur képleteknek nevezünk — tisztán formális dolog, csak az emlékezet és a szemléltetés segéd eszközéül szolgál, annak a kitüntetésére, vajjon a vegyértéktan követelményeinek elég van-e téve. A structurformulák az általok képviselt vegyületekhez körülbelől oly viszonyban állanak, mint az analitikai geometria formulái az általok repraesentált térbeli alakokhoz, csakhogy ez utóbbiakat a kifejezés biztossága és teljessége tekintetében utól nem érik. A járatos a következtetéseket nagy számmal vonhatja ki belőlük, s a tapasztalati tények jelentékeny összegét találjuk bennük egyszerű alakban kifejezve.

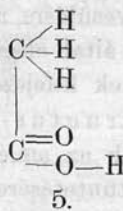
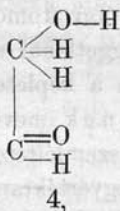
Használatuk hatalmas eszközt nyújtott, főleg a szénvegyületek tanulmányozásában s a szerves vegytan jelenkori magas színvonala, a meglepő synthesisek hosszú sora, nagyrészt nekik köszönhető.

Hogyha már a vegyértéktan alapján, megkisértjük az Ecetsav $C_2 H_4 O_2$ atomok által képezett moleculájának analysisét, az atomok kölesönös összefüggési viszonyát illetőleg, a következő lehetőségekhez jutunk.

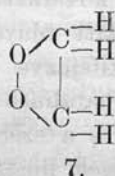
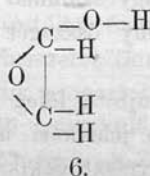
Lehetséges, hogy a két szénatom az Ecetsav moleculájában közvetlen kapcsolatban áll egymással. Ez a kapcsolat lehet egyszerű vagy többszörös. A combinatiók megkisértése által könnyen meggyőződhetünk arról, hogy csak egyszeres vagy kétszeres kapcsolat fordulhat elő a szénatomok között, hármass kapcsolat ki van zárva, mivel akkor a vegyértéktan alapelvének az atomok vegyrokonságai kielégítésének, a formulában nem tehetünk eleget. A kétszeres kapcsolatú atomcombinatió alapul tevésével a következő három structura képzelhető:



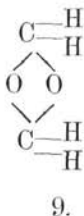
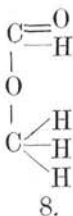
A szénatomok egyszerű kapcsolata mellett pedig, a következő kettő:



De lehet, hogy a szénatomok közvetlen egymáshoz kapcsolásán kívül az összefüggést közöttük részleg az Oxigénatomok is közvetítik, a mely esetben, a lehetséges combinatio ismét kettő:



Nincsen kizárva azon lehetőség sem, hogy a szénatomok között közvetlen összefüggés nincs is, hanem hogy a molecula szénatomjainak egy befűzését pusztán az Oxigén egy vagy mindkét atomja közvetíti, a mely esetben újból két combinatio fordulhat elő:



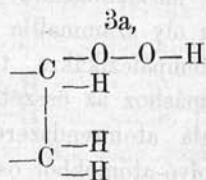
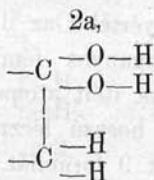
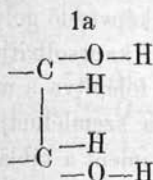
Szemléltetési eszközül czélirányos olykor atommintákat használni. Esztergályozott, különböző nagyságú és különböző színű golyókat használhatunk e végből, a melyekbe fémpálczikákat erősítünk meg oly számmal, a hány vegyértékű az illető atomot képviselő golyó. A fémpálczikákra tolnak ruganyos fémhüvelyekkel kapcsolhatjuk egymáshoz az összetartozóknak ítélt atomokat, ekkép fölpítve a molecula atomrendszerét. E két hosszú léczre fölraggatva szemlélhetjük a golyó-atomokból összeállított 9 formulát, melyet az imént a táblára jegyeztem.

Kérdés, hogy e 9 lehető combinatio között, hogyan igazodjunk el, mi alapon válaszszuk ki közülök azt, a mely az Eczetsav atomrendszerét helyesen kifejezi, s a 9 között csak egy lehet az igazi! A választásnak nyilván azon formulára kell esnie, a mely leghívebben fejezi ki az Eczetsav moleculájának tulajdonságait, chemiai és physikai viseletét. Bizonyos szempontokból kiinduló kérdéseket kell intéznünk kísérleti úton az Eczetsav moleculájához, hogy elárulja atomjainak elrendezését.

A 9 képletben az atomok kölcsönös helyzetére s a több vegyértékű atomok kapcsolati viszonyára nézve lényeges különbségek forognak fönn. A mi legelőbb is a Szénatomok egymáshoz való viszonyát illeti, itt négy esetet különböztethetünk meg. Az 1, 2 és 3-ik képletben a C atom két-két vegyértéke van lefoglalva, egymás vonzására, a 4 és 5-ik képletben csak egy-egy, a 6. és 7-ik képletben a C. atomok egyszerű kapcsolatán kívül, az összeköttetést még egy, illetve két O. atom is közvetíti, míg végre a 8. és 9-ik képlet

szerint nincsen közvetlen összefüggés a C. atomok között, hanem csak egy, illetve két O. atom által közvetített.

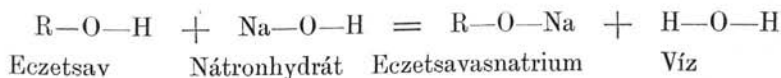
Az 1., 2. és 3-ik képletben kifejezett vonzási viszony a C. atomok között, azon föltevésre bírhat bennünket, hogy e vegyületeket szemben a többiekkel, bizonyos irányban kiváltságos tulajdonsággal felruházottaknak tekintsük. Lehetőnek látszik ugyanis, hogy ezen vegyületek moleculájába még két egyvegyértékű atom befoghat lépni, a molecula egységének felbontása nélkül és a nélkül, hogy a moleculákban már jelenlevő atomokból egy vagy több, helyének elhagyására s a moleculából kiválásra kényszerítették. Az új atomok fölvétele ugyanis megtörténhetnék, ha a C. atomok közötti ket-tős kapcsolat egyszerű kapcsolatba menne át, a mi által mindkét C atomon egy-egy vegyérték felszabadúlna, s vonzását az új atomokra kifejthetné:



Az 1., 2., 3. képlet szerint alkotott vegyületet tehát e tekintetben, szemben a többiekkel, nem telített állapotban levőnek foghatjuk föl. A tapasztalat valóban a fönnebbiekhez hasonló esetekben, a midőn szénatomok között többszörös kapcsolat létezésének a föltevésére vagyunk utalva, igazolta e következtetést. Az ilyen állapotban levő moleculák igen könnyen assimilálnak, egyszerű hozzáadás folytán, bizonyos egyvegyértékű elemekből két-két atomot, különösen könnyen Chlor és Bróm-atomokat; a míg az olyan moleculák, a melyekben többszörös kapcsolatú szénatomok nem foglalhatnak, ezen tulajdonsággal nem bírnak. Ez alapon tehát módunkban van az első kísérleti kérdést megtenni, a melynek eredménye az esetben, ha az Eczetsav moleculáját olyan tulajdonsággal bírónak ismernők meg, hogy két Chlor vagy két Brom atomot közvetlenül hozzáadás útján föl tud venni, azon következtetésre fogna bennünket vezetni, hogy az Eczetsav képleteül az 1., 2., 3. képletek valamelyikét ismerjük el, ellenkező esetben pedig, hogy e képleteket, mint a tapasztalatnak meg nem felelőket, további tanulmányainkból kizárjuk.

Megtéve a kísérletet, azon meggyőződéshez jutunk el, hogy az Eczetsav nem bír az 1, 2, 3 képletek folytán előre látott tulajdonsággal; additív útján nem vesz föl sem Chlor sem Brom atomokat. Az 1, 2, 3 képletet ennél fogva kirekesztjük. Ha az atomok elrendezését a fennmaradó 4—6 képletekben közelebbről szemügyre vesszük, további megkülönböztetések fonalán új kísérleti kérdések feltevésére nyerünk alapot. A 7. és 9-ik képlet szerint a négy H. atom a molekulában szimmetrikus elrendezésben van, a miből kifolyólag arra kell következtetnünk, hogy mindegyik egyforma funkciót teljesít, s egyforma magatartást fog mutatni, a molekulára ható agensekkel szemben. A 4, 5 és 6-ik képletben ellenben egy-egy H. atom másféle kapcsolati viszonyban van, mint a többi három, mert ez az egy H. atom nem függ közvetlenül össze a C. atommal, mint a többi három, hanem O. atomhoz van kötve, a mely összefüggését a C. atommal közvetíti. Visszatérve a molekulának egy naprendszerrel való összehasonlítására, a három H. atomot a C. atomok bolygóinak tekinthetjük, míg a negyediket az O. atom körül keringőnek. Az O. hatása alatt áll ez, mely tapasztalatilag abban nyilvánul, hogy az ilyen H. atomot igen mobilissá teszi s könnyen kicserélhetővé valamely fém atomjával, a melyre az O. nagyobb vonzást gyakorol, mint a Hydrogénre.

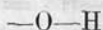
Az Eczetsavat tehát megvizsgálhatjuk, bír-e ilyen kiváltságos szerepű Hydrogénatommal vagy nem. A tapasztalat valóban azt bizonyítja, hogy van az Eczetsav molekulájában egy, a többi háromtól eltérő Hydrogén atom. Ha Eczetsavhoz Natronhydrátot adunk, az Eczetsavnak Natriummal képezett vegye keletkezik, az Eczetsavasnatrium só, a mely, összetételére nézve, csak abban különbözik az Eczetsavtól, hogy 1 H. atommal kevesebbet tartalmaz molekulájában, mint az Eczetsav, de e helyett 1 Na. atomot. A vegyi folyamatot, ha az Eczetsavnak atomrendszerét az O—H. atomcsoport kivételével R-rel jelöljük meg, következő egyenletben fejezhetjük ki:



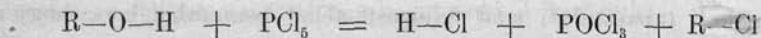
Többet mint 1 H. atomot ezúton nem helyettesíthetünk Natriummal. E tapasztalati adat feljogosít tehát bennünket arra, hogy a

7-ik és a 9-ik képletet is, mint a mely e ténynyel nem számol, mint megnevelelőt kirekesszük. Marad még a 4, 5 és 6-ik, a melyek közül mindegyik egyaránt magyarázatot adhat, az egy Hydrogén atom a többi háromtól eltérő funkciójának okáról. De számolnunk kell még a 8-ikkal is. Ebben ugyan nincsen Oxygénhez kötött Hydrogén, hanem igenis van egy H. atom, mely a többi háromtól eltérő viselkedésű kell hogy legyen, mert egészen más viszonyok közt van, mint a többi. Az utóbbiak symmetrikus elrendezésben egy és ugyanazon C. atom körül, míg a negyedik egyedül a másik C. atomon. Oxygén szomszédságában, mely befolyásolja és a többiekétől eltérő szerepet kényszeríthet reá. Hogy valjon ez a szerep azon képességre is kiterjed-e, hogy Natronhydráttal való érintkezés alkalmával, ez a H. atom helyettesíthető dik-e Natriummal, az ugyan nem bír különös valószínűséggel, de kizártnak sem tekinthető. Egyéb módot kell azért még keresnünk, hogy e kérdést eldönthessük. Segítségünkre van itt egy vegyifolyamatra vonatkozó tapasztalati ismeret, melyből határozottan kitűnik, hogy az Eczetsav moleculájában egy —O—H alkotású atomcsoportnak, — amelyet hydroxyl csoportnak szoktunk nevezni — léteznie kell.

Ha Eczetsavat a Phosphor ötöschlörvegyével — PCl_5 — lepárolunk, terményül három új testet nyerünk, Sósavat, Phosphoroxychloridot és Acetylchloridot; ez utóbbi vegyület moleculája abban különbözik csak az Eczetsav moleculájától, hogy 1 O. és 1 H. atommal kevesebbet tartalmaz, de a helyett 1 Chlor atomot vett föl. Az Eczetsav moleculájában tehát, az 1 O. és az 1 H. atom együttes kilépése által, e folyamatban összesen 1 vonzási irány, azaz 1 vegyérték szabadult föl, melyet aztán az egyvegyértékű Chlor 1 atomja telített. Már pedig 1 vegyérték csakis abban az egy esetben szabadúlhatott föl, ha a moleculából kilépett Oxygén és Hydrogén atom, a molecularendszerében együttesen egyvegyértékű atomcsoport szerepével bírt, a mi e két elem mellett másként nem lehetséges, csak ha a hydroxyl csoport combinatióját képezik egymással, mert a két atomnak csakis ilyen csoportja egy vegyértékű



Az Eczetsavban tehát a Phosphorchlorid behatása folytán végbenő átalakulás, melynek egyenletét így írhatjuk:



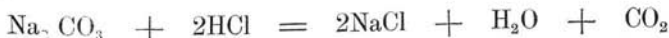
a leghatározottabban tanúskodik a h y d r o x y l csoport jelenlétéről, minél fogva az Eczetsav moleculájának alkatát kifejező képletet, az ezen tényről számot adó 4-ik, 5-ik vagy 6-ik képlet között kell keresnünk, a 8-ik ellenben kizártnak tekintendő.

Azon vegyi megváltozások között, melyeket az Eczetsavra vonatkozólag ismerünk, van két olyan, a melynek analízise lehetővé teszi a 4, 5 és 6-ik képlet közül a helyesnek a kiválasztását.

A) Ha száraz Eczetsavasztriumot szilárd Natronhydráttal olvasztunk egybe, — mely műveletet e görebben most végrehajtom — egy gyúlékony gáz fejlődését tapasztaljuk, melyet vízzel töltött edényekben gyűjthetünk össze. Világító lánggal ég; a lángja fölé tartott üveg pohárban vízecseppek sűrűsödnek meg, tehát a gáz Hydrogént tartalmaz. De a Hydrogén nem világít elégekor. Tekintettel a vegyület összetételére, melyből a gázt nyertük, okunk van föltenni, hogy világító képessége széntől ered. A szén Szénsavvá ég el, melynek jelenlétére Mész vagy Barythydrat óldatával kémlelhetünk. Valóban dús, fehér csapadék támad, midőn a Barytvizet beöntjük azon edénybe, melyben a gázt elégettük. E gáz tüzetes megvizsgálásából kitűnt, hogy nem is tartalmaz egyebet szénnél és Hydrogénél, s hogy összetételére nézve az összes szénhydrogén vegyek közt a legegyszerűbb. A m o c s á r l é g — M e t h a n — e szénhydrogén:



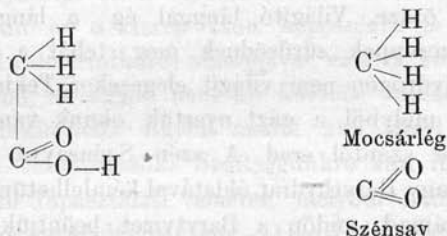
A görebben fehér, sönemű anyag maradt vissza; vízben könnyen oldódik; íze lúgos, a szódának az ízére ismerünk benne. Ha valóban Szénsavasztriumból áll, Sósavval erősen kell pezsegnie, a Szénsav kihajtatván belőle a Sósav által, s Chlornatrumnak kell képződnie:



Ez be is következik, habzik, erősen pezseg, Szénsav száll el, a folyadék pedig tiszta sós ízet nyert. Ha besűrítjük, koczka alakban ki is kristályosodik belőle a konyhasó.

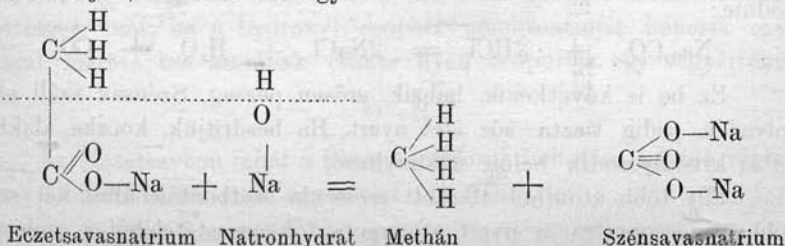
Egy több atomból alkotott molecula szétbontása által két vagy több atomcsoportra, a nyert atomcsoportok összetételéből a molecula

alkatára vonhatunk következtetést, mert joggal föltehető, hogy azon atomok, a melyek a nyert egyes atomcsoportok componenseit képezik, az illető atomcsoportoknak a moleculából való kilépése előtt is, tehát az intakt moleculában mint egymáshoz tartozó részek szerepeltek. Alkalmazva ezen fejtegetést a fönnebbi vegyifolyamatra, azon nézet felé kell hajolnunk, hogy az Eczetsav moleculájának közelebbi componenseit a Mocsárlég és a Szénsav, vagy ezekhez igen közel álló atomcombinációk képezik. Ha e szempontból vizsgáljuk az atomok elrendezését a 4, 5 és 6-ik képletben, azt találjuk, hogy e követelménynek csak az 5-ik képletbeli atomelrendezés felel meg:



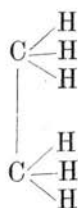
a melyben az egyik szénatomhoz 3 H. atom van kötve, a mely tehát midőn a másik szénatomtól elválik, az ekép fölszabaduló vegyértékével csak 1 H. atomot kell hogy megkössön, hogy Mocsárléggé lehessen, míg a másik Szénatomon a Szénsav képzésére szükséges 2 O. atom foglaltatik. A Mocsárlég és a Szénsav e képlet szerint tehát mintegy praeformált állapotban van az Eczetsav moleculájában. A 4-ik és a 6-ik képletben nem látunk ily praeformációt; a Mocsárlég és a Szénsav képződése ily alkattal bíró moleculákból a két Szén atom elválásakor nem lenne érthető, más vegyületeknek kellene képződniök.

Az Eczetsav moleculájának alkatát tehát az 5-ik képlettel fejezhetjük ki, s így az Eczetsavaszénatrum felbomlását, midőn Natronhydráttal ömlesztjük, a következő egyenlettel:



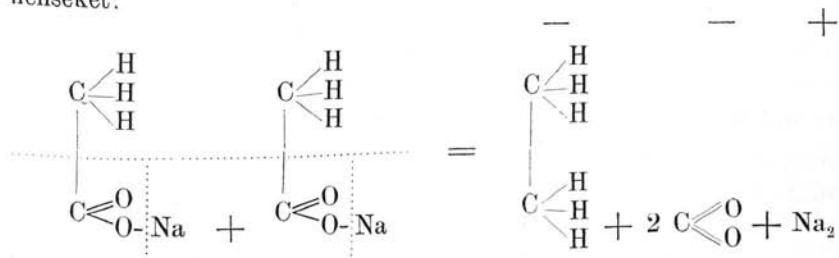
B) A második vegyi megváltozás, melynek lefolyásából szintén vonhatunk következtetést az Ecetsav moleculájának alkatára, akkor következik be, ha Ecetsavasztriumot elektromos árammal elbontunk. Telepünk negativ sarkán Natrium válik ki (illetve Hydrogén, mivel a kiváló Natrium azonnal vizet bont: $\text{Na} + \text{H}-\text{O}-\text{H} = \text{Na}-\text{O}-\text{H} + \text{H}$) a positiv elektródán pedig Szénsav és Aethan.

Ez utóbbi vegyület, két $\text{C} \begin{matrix} \text{H} \\ \text{H} \\ \text{H} \end{matrix}$ csoport egyesülésével jön létre, alkata:

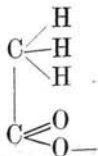


Aethan

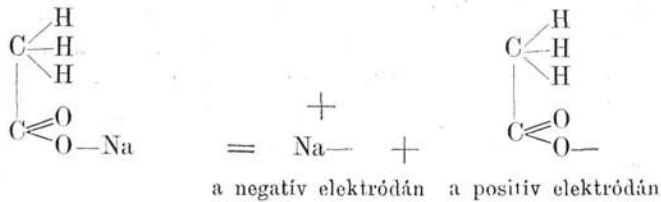
Az Ecetsav moleculájának elektromos fölbontásával keletkező ily összetételű vegyületek képződése szintén az 5-ik képlet adoptálására utal, a mely szerint e vegyületek képződhetése egyszerűen kimagyarázható. Az elektrolysisnál, az Ecetsav 2—2 moleculájának elbontása adja az említett vegyületek képezéséhez szükséges compo-nenseket:



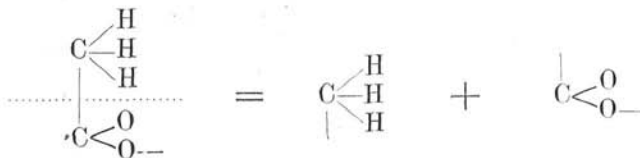
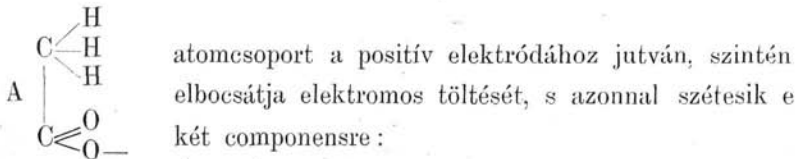
Az elektromos áram behatásánál az Ecetsav moleculája először Natriumra, mely a negativ elektródához vándorol és a



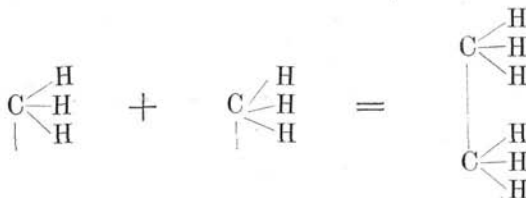
atomesoporra bontatik el, mely elektronegatív alkatrész, a pozitív elektródán válik ki:



A kiválás pillanatában a Na atom elektromos töltését az elektróda fémének átadva, töltés nélküli, közönséges vegyítulajdonságaival bíró Natriumatommá lesz, mely az ódat vize által környezetetvén, azt azonnal fölbontja, Hydrogént szabadítván fel:



az utóbbiból Szénsav lesz $\text{C} \equiv \text{O}$, az előbbi, a Methylnek nevezett atomesoport pedig, egy más Eczetsav molecula fölbontásából kiváló Methylcsoporttal egyesül s létesíti az Aethant:



A molecula alkotának földerítésével, a helyes képlet megállapításával az analysis feladata véget ér.

A legegyszerűbb esetek egyikét képezi az, a melyet a structur-analysis elvének és eljárásának megismertetésére választottam. A gyakorlatban sokszor rendkívül bonyodalmas és nehezen hozzáférhető kérdések merülnek föl, melyeknek megoldása évekre való munkát ad a bűvárnak, s kemény próbára teszi ismereteit, leleményességét és experimentalis ügyességét. Gyakran számosaknak, különböző irányból kiinduló, de ugyanazon czél felé törekvő fáradalmas munkájára van szükség, a siker kivívására. A nehéz munka edzi az erőt, találékonyvá teszi az elmét; innen van, hogy minden új problema megoldása, nemcsak az ismeretek kincses házát gyarapítja, hanem új eszközökkel, új módszerekkel is fölszereli a kutatókat, a melyekkel a még nehezebb problémák megoldását a siker reményével megkísérelhetik. A structur Chemia bámulatos eredményeket vívott már ki, de sok és nehéz tennivaló van még előtte. A növényi és az állati szervezet rendkívül bonyolult összetételű vegyületeinek alkata még ismeretlen, ismeretlenek az anyagcsere számos terményei is.

Ezeknek a megállapítása, a jövő chemiájának egyik elsőrangú kérdése. Egy, folyományaiban ma még beláthatlan jelentőségű kérdés ez, melynek megoldása az élet gazdasági viszonyainak teljes átalakítását vonhatja maga után. Mert ha valamely vegyület moleculájának alkátát megismertük, kilátás nyílik annak a reprodukciójára is, a fölépítésére componenseiből, lehet, hogy az utolsó anyagrészekből, magukból az elemi testekből is. Az analysis-t fölváltja a synthesis. Ledűlt a korlát már régen, mely a szervezett világ chemiai terményeinek, a szervezeten kívüli, mesterséges megalkotásától eltiltotta a bűvárt.

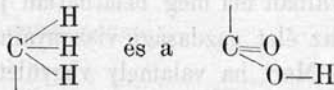
Nincsen ugyan a kezébe adva és nem is lesz soha, az élet-erőnek az organismuson kívüli fölébresztése és működésbe hozása, de számtalan tapasztalati tény bizonyosságán fölépült, meggyőződéssé lett, hogy a szervezetek életműködése folytán létrejövő chemiai testek, az életerő működése nélkül is, lombikban és görebben megalkothatók. Távol áll tőle, Wagner Homunculus-i útvesztőjébe eltévedni; az élő sejt megalkotása, a sejt életre-ébresztése azé, a ki az életet adja és elveszi; de a sejt anyaga: a föld anyaga, a természet erőivel ellátott s törvényeiknek alávetett. Az isteni szikra az emberben e törvényekhez hozzáfér, megismeri és terveinek, akaratának megfelelő működésre bírja. Segélyükkel ellátja az anyagot új tulajdonságokkal,

anyag rendszereket megváltoztat és új rendszereket épít. Fölépítheti mindazon anyagokat, a melyek az élő és nem élő természetben előfordulnak és számtalan más, ismereteinek, inventiójának megfelelőt.

A synthesis, mely ma százakat foglalkoztat, mérhetlen becstű szolgálatot tett már az emberiségnek. Nem hivatkozom egyébre, mint azon csodahatású gyógyszerekre, a melyeket a synthesisnek köszönünk.

Hány szempillára hozott már jóltevő álmot a Chloralhydrát, a Paraldehyd? Mennyi kínt tett elviselhetővé a Chloroform? És hány életet mentett meg az elpusztulástól a Jodoform, a Salicylsav, az Antipyrin?

A synthesis legjobb kriteriuma az analysis helyességének is. Ha ez irányban megakarnók vizsgálni az imént általunk végrehajtott analysisist, oda kellene törekednünk, hogy az Eczetsav moleculáját fölépítsük, fölismert közelebbi componenseiből, vagy ezekhez oly közel álló atomcombinációkból, hogy az atomok csoportosulási viszonyának minőségére nézve kétség ne lehessen. Közelebbi componenseknek a Methyl

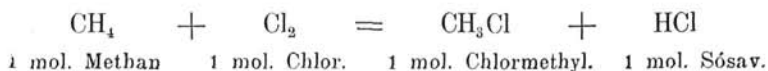


atomcombinációkat találtuk. Ámde a Methyl-csoport mint önálló vegyület nem létezik, csak vegyületekben létképes, a midőn a Methyl C atomjának negyedik vegyértéke is telített állapotba kerül.

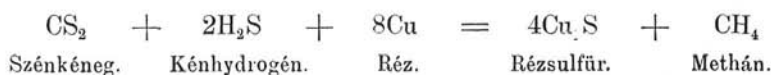
Czéljainkra legmegfelelőbb volna a Methyl azon vegyületeinek valamelyike, a melyekben a C negyedik vegyértéke, egy erős vegyületi törekvéssel bíró, erős vegyrokonságú elem, mint pl. a Chlor, Brom, vagy Jod, egy atomjával van telítve. Mert az ilyen, jelentékeny vegyületi képességgel bíró atom, mint a tapasztalat mutatja, igen mobilis, könnyen tehető a vegyületek alkatrészévé és könnyen ki is vehető a moleculából, ha oly anyag befolyásának tétetik ki, a mely iránt még erősebb vegyrokonsággal bír, az az, a melylyel szemben vonzása nagyobb, mint azon atomok irányában, a melyek társait a kérdéses moleculában képezik. Ki fog tehát lépni, hogy a reáható anyaggal, vagy annak azon atomjával egyesüljön, a melylyel a leg-erősebb vonzási viszonyban van; kilépése folytán fölszabadul azon vegyérték a moleculában, mely előbb lekötve tartotta, s most más,

vele egyenértékű atomot vagy atom-csoportot vehet föl. Úgy fog kel-
lenünk azért operálni, hogy a kicserélődhetés pillanatában, azon atom
vagy csoport legyen alkalmas állapotban jelen, a melyre szükségünk
van, hogy a kilépő atom helyét elfoglalva, a tervezett atom-com-
binatio létrejöjjön.

A Methyl-chlor vegyét, a Chlormethylt elő lehet állítani a Me-
thánból és Chlóról, ha e két légnemből egyforma térfogatmennyisé-
geket a napfény hatásának teszünk ki; e vegyefolyamat egyenlete:

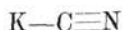


Magát a Methánt pedig, ha úgy tetszik, elemeiből állíthatjuk
elő. Vezessünk Kénhydrogégázt —H₂S— és vele egyidőben Szén-
kéneg —CS₂— gőzöket izzó vörösréz forgácsokkal töltött üvegcsövön
át, az alábbi egyenletben adott mennyiségi viszony szerint, a csövet
elhagyó légnemben a Methánra ismerünk:



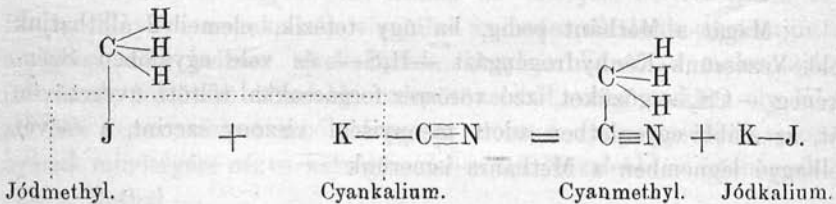
A Methán alkatrészeit szolgáltató két anyag a Szénkéneg és a
Kénhydrogén, könnyűszerrel állítható elő elemeiből. Ezeken kezdve a
synthesist közvetítésükkel elemeiből alkothatjuk meg tehát a Me-
thánt is.

A Chlormethyllel analog összetételű vegyület a Jodmethyl
CH₃J. Miután ezen vegyület cseppfolyó, a vele való bánás könnyebb,
mint a légnemű Chlormethyllel, azért czélszerűbb a synthesis keresz-
tülviteléhez ezt választani. A Jod-atomot most ki kell cserélnünk
az Eczetsav második componensével. Ez azonban szabad állapotban
szintén nem létezik, közvetett úton kellend azt majd fölépítenünk,
ha a Methyl-csoporthoz e célra előbb egy Szénatomot sikerült fűz-
nünk. Hogy ezt elérhessük, a Cyankaliumhoz fordulunk, melynek
atomrendszerét az alábbi képlet adja:

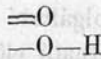


A Cyankalium moleculájában 1 C atom van, melynek egyik
vegyértéke 1 Kaliumatommal, három vegyértéke pedig 1 Nitrogén-

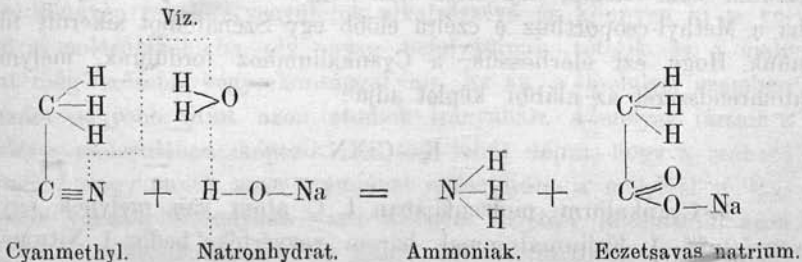
atommal van telítve. A Kalium és a Jód között nagy vegyrokonság uralkodik; jóval nagyobb, mint a Kalium és a Szén, valamint a Jód és a Szén között. Remélhető ennek folytán, hogy a Jódmetyl a Cyankáliummal, alkalmas viszonyok közé kerülvén, vegyi átalakulást fog szenvedni, melynek eredménye az lesz, hogy a Jód a Kaliummal egyesül, a két molecula-maradék pedig fölszabadult vonzását egymás irányában érvényesítendi s egyesül egy új moleculává: a Cyanmethyllé. Valóban, ha benső érintkezésbe hozzuk e két anyagot, fölöldva őket Borszeszben, már gyenge melegítés elegendő a várt vegyi átalakulás végrehajtására, mely szorosán ezen egyenlet szerint történik meg:



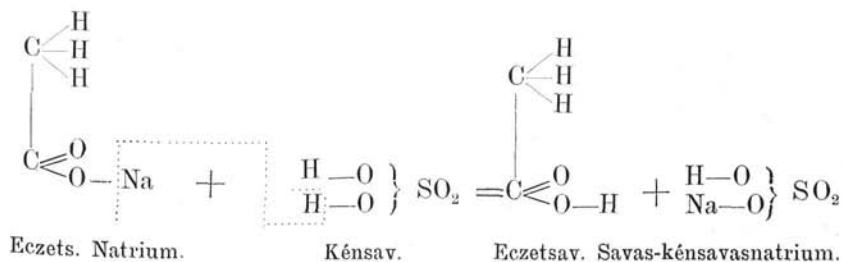
Hátra van még, hogy a Cyanmethyllé moleculájából a Nitrogén atomot lehasítsuk, s a Szén fölszabaduló három vegyértékéhez az



csoportot fűzzük. Ez megtörténhetik, ha a Cyanmethyllé Nátronhydrát vizet oldatával főzzük. A főzés alatt a Szalamiaszesz illó anyaga, az Ammoniak — NH_3 — távozik el, jeléül annak, hogy a Nitrogén a Cyanmethylléből lehasadt. A midőn ennek fejlődése megszűnt, főzzük be szárazra a folyadékot: fehér, kristályos só marad vissza, mely nem egyéb, mint Eczetsavas natrium. A Cyanmethyllé vegyi átalakításának következőleg kellett végbemennie:

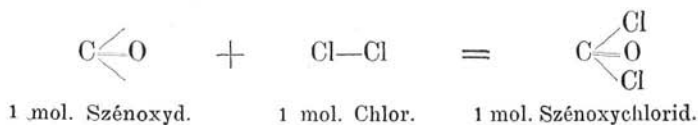


Az Eczetsavasnatriumot híg Kénsavval lepárolván, nyerjük a szabad Eczetsavat:

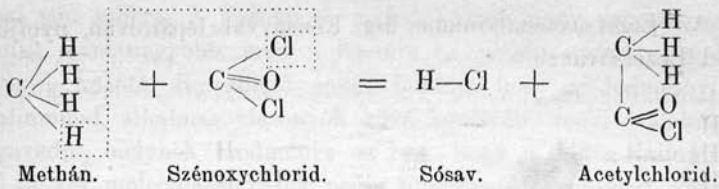


A synthesis útján nyert Eczetsav a természetessel minden tulajdonságában tökéletesen megegyezik.

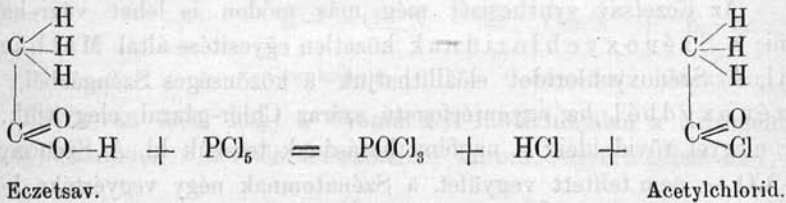
Az Eczetsav synthesisét még más módon is lehet végrehajtani; a Szénoxychloridnak közvetlen egyesítése által Methánnal. A Szénoxychloridot előállíthatjuk a közönséges Széngázból, a Szénoxydból, ha egyentérfogatú száraz Chlór-gázzal elegyítjük s ez elegyet rövid ideig a napfény hatásának tesszük ki. A Szénoxyd — CO — nem telített vegyület, a Szénatomnak négy vegyértéke közül kettő nincs lefoglalva, azért könnyen is egyesül két atom Chlórral:



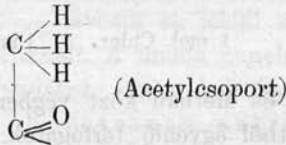
A Szénoxychlorid és Methán közt végbemenő vegyi folyamatban, a két légnemű testből egyenlő térfogatok, tehát egyenlő számú moleculák gyakorolnak egymásra hatást. Ha például 1 liternyi Szénoxychlorid-gáz és 1 liternyi Methangáz hat egymásra, a két liternyi légnemű anyag eltűnik, megsűrűsödik kevéske folyékony anyaggá, mely nem egyéb, mint Acetylchlorid, s e mellett még 1 liternyi Sósavgáz keletkezik. A vegyifolyamatnak tehát szükségképpen aként kell végbemennie, hogy a Methanból 1 Hydrogén atom, s a Szénoxychloridból 1 Chlor atom kilépven, egymással 1 molecula Sósavgázzá egyesül, a Methylcsoport pedig a Szénoxychlorid maradékával Acetylchloriddá:



Ámde az Acetylchlorid nem más, mint azon vegyület, melylyel már előbb találkoztunk, midőn a Phosphorchloridnak az Ecetsavra gyakorolt hatásáról volt szó. Ez a vegyület az, mely mindig előáll, valahányszor Ecetsavat Phosphorchloriddal lepárolunk, s melynek összetételére nézve már fönnebb megállapítottuk, hogy az Ecetsavtól abban különbözik, hogy egy hydroxyl — O — H — csoporttal kevesebbet tartalmaz, s ennek a helyére 1 Chlor atomot vett föl:

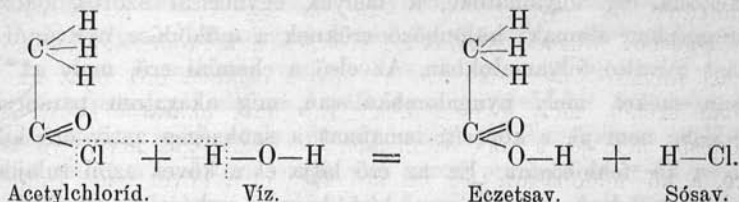


Az Acetylchloridnak képződése Methan és Szénoxychloridból e szerint döntő bizonyíték, hogy az Ecetsavban a



atom kombinációnak kell meglennie, s mivel ezen, 1 szabad vegyértéket fölmutató atom-csoport és az Ecetsav között csakis azon összetételi különbség van, hogy az Ecetsavban ezen atom-csoporton kívül még 1 hydroxyl — O — H — tartalmaztatik, a mely szintén 1 vegyértékkel bíró csoport, a legtermészetesebb következtetés, hogy e hydroxyl foglalja el az Acetylcsoport ama szabad vegyértékét s egészíti azt így ki Ecetsavvá. E mellett különben bizonyít a közvetlen tapasztalat is. Keverjük meg az Acetylchloridot

vízzel, s rövid idő múlva nem lesz többé Acetylchlorid a vízben, hanem Ecetsav s mellette Sósav. A víz és az Acetylchlorid között a vegyiátalakulásnak ennél fogva szükségképen eként kellett végbemennie:



Az Ecetsav moleculájának szerkezetére vonatkozó tanulmányainkban tehát helyes úton jártunk, analysisünk eredménye megbízható, a synthesis fényesen igazolta.

* * *

Erős lökéssel a magasba repül a kő, ép lefelé fordul, de fönnakad egy magas épület kinyúló párkányán, ott nyugalomba tér. Megbillenti szárnyával egy arra repülő madár; látom lehullni, esése egyre gyorsul, most lecsapott, szikrát kicsalva a kova-koczkájából, mely föltartóztatá. Fölelemem; meleg. Meleg a koczka helye is, a melyről fölvevém. Miért meleg? Mi okozta magasabb mérsékletét? Talán a surlódás a levegővel? De hisz oly ritka a lég, s útja oly rövid volt, gyorsasága nem akkora, hogy ez ki magyarázhatná. Az nem lehet. A kő az összeütközés pillanatában melegedett meg, abban a pillanatban, midőn mozgása véget ért. A mozgás megszünése és a meleg között kell okozati összefüggésnek lennie. És mi okozta a kőnek mozgását? A kölcsönös vonzás közötté és a föld között. De hogy ezen erő ilyen hatást gyakorolhatott légyen, szükséges volt, hogy a kő előbb a föld felszínétől bizonyos távolságra hozassék. E távolságba karom izomereje hozta, midőn a követ a vonzás ellenében, az épület párkányára földobám. Tehát a kő fölemelkedése, leesése, megmelegedése karizmaim működésével is összefügg, általa okoztatott. De az izmok működése a bennök végbemenő chemiai folyamatokhoz van kötve, egy égési folyamathoz, mely lángnélküli ugyan, mert lassú, de ép úgy és ép annyi meleget termel, csak hosszabb időre megsztva, mint a gyors égés a szervezeten kívül. Ez a meleg az tehát, a mely újra megjelent a kőben, akkor, midőn esése véget ért. E sze-

rint a karomban fölhalmozott chemiai erőre vezethetem vissza a kő megmelegedését a földre ütközés pillanatában.

A különböző, egymást fölváltó folyamatoknak egy láncolata áll előttünk, oly folyamatoké, a melyek egymással szoros, okozati összefüggésben állanak; különböző erőknek a működése nyilvánul ez egymást fölváltó folyamatokban. Az első a chemiai erő, mely az izmokban székel, mely nyugalomban van, míg akaratom parancsára működésbe nem jő, s képesíti izmaimat a szükséges activ erő kifejtésére, a kő feldobására. Ez az erő látja el a követ azon tulajdonsággal, a melylyel azelőtt nem bírt, hogy a nehézség ellenében a magasba emelkedjék. A kő nyert egy új tulajdonságot, de az én izmaim veszítettek. Veszítettek azon képességből a követ ily tulajdonsággal ellátni. Mert érzem, hogy ha e műveletet gyakrabban ismétlem, hogy karom kifárad: elfogy chemiai erőkészlete. Tehát az én izmaim ereje az, a mely ott van a kőben, a mely ennek a föl-emelkedési képességévé lett. Az épület párkányára érve, a kő nyugalomba jött. Bevégezte talán feladatát, és megsemmisült az erő, melyet a kőnek kölcsönöztem? Nem! Megvan, megmaradt a kőben; fönn van tartva a kőnek helyzetében, szemben a földdel. A madár szarvya érintése, a szél kicsi lökése megbillenti és lehúll. Lehúllási képességében rejlik az erő melyre a kő szert tett a föld irányában. S midőn a földre ér, ez az erő új alakot nyer, hővé lesz, ismét mozgássá, de nem a kő tömegének mint egésznek, hanem moleculáinak és atomjainak láthatatlan mozgásává.

Kérdezhetjük azt, vajjon az erőknek ezen egymásba alakulásánál, az erők mennyiségére nézve milyen viszony uralkodik? A folyamatok ilyen láncolatánál, vajjon mennyi marad meg végül az eredetileg működésbe ment erőből? E kérdést intézte magához századunk második negyedében egy mélyen gondolkodó fő, Meyer Róbert heilbronni orvos; az igazság istennője őt választotta, ki előtt megnyilatkozzék, ki előtt föltárja a természet törvényeinek legnagyobbszerűjét: *az erő megmaradása törvényét.*

Változatlan erőmennyiség van a mindenségben, de nyilvánulásának alakja sok, alakot cserél, egyikből másikká lesz, de mennyiségéből nem veszít. Eredeti munkaképességének nagysága minden átalakulásán elkiséri, örökké vele marad.

Az öröktől fogva a természetben meglévő erőből mi sem vesztet el. Ha eltűnni, megsemmisülni látszik olykor, csak látszat az, a közelebbi vizsgálat kimutatja, hogy megvan eredeti nagyságában, csak rejlővé lett, a testet, a melyben székel, új képességben részeltette, a melynek kifejtésével a test ép oly nagy munkavégzést teljesíthet, mint a mekkora nagy volt azon erő munkája, mely a testet ez új képességgel ellátta. A párkányon nyugvó kő munkaképessége a *helyzetében* rejlik, mely ép oly nagy munkavégzésre teszi alkalmassá, mint a mekkora nagy volt azon munka, mely elvégeztetett a kőnek a párkányra emelésében. A rejlő erőt, mely bizonyos fokú munkaképességgel van fölhalmozva a testben, *helyzeti erőnek*, (*Energie der Lage, Potentielle Energie*) szokás nevezni.

A heilbronni orvos nagyszerű tételét, a legnagyobb gonddal végrehajtott búvárlatok, az erő átalakulása minden esetében, kivétel nélkül igaznak mutatták. Kiváló búvárok, mint *Joule, Hirn, Thomson, Clausius* és mások tovább fejlesztették azt. Egyik feladatúl a hő mechanikai értékének pontos meghatározása kínálkozott. A mechanikai munka gyakorlati egysége a *méterkilogramm*, az a munka az, a mely elvégeztetik az erő által, midőn 1 klgammnyi terhet 1 méter magasra emel. Ezen munkának hőmértéke $\frac{1}{430}$ hőegység (*caloria*). 1 hőegység a hőmozgás akkora hatása, mely szükséges 1 kgr. 0^o-ú víz hőmérsékletének 1^o Celsius-ra fölemelésére. 1 hőegység tehát egyenértékű 430 meterkilogrammal, azaz a hőmozgás azon hatása, mely 1 kgr. 0^o-ú víz hőmérsékét 1 Celsius fokkal emeli, átalakítva mechanikai munkává, 430 meterkilogramnyi munkavégzésre képes, 430 kilogrammot emel föl 1 meter magasra, vagy a mi azzal egyremegy, 1 kilogrammot 430 meternyire.

Óriási erőkézsletünk van e szerint a kőszénben fölhalmozva, chemiai helyzeti erély*) alakjában. Ezen erély eredete földünkön kívüli, a naptól került. A növény táplálkozásához, fejlődéséhez a fény föltétlenül szükséges; a fénysugár erélye képesíti a növényt, hogy levélszerveiben a levegőből fölszívott Szénsavat fölbontsa, a Szént áthasonítsa s vele építse föl testét, az Oxygént pedig kilehelje s adja vissza a levegőnek. Azon óriási fucusok, pálmák és harasztok, a me-

*) Az erőt azon értelemben, a melyben e szót eddig használtam, vagyis munkaképességére való tekintettel, erélynek szokás nevezni.

lyek földünk egy régi geológiai korszakában a föld alá kerültek, a melyek lassú elbomlásának terménye a kőszén s a kőolaj, a nap-sugártól kölcsönvett erélyvel fődözték erőszükségleteiket. A napnak, ki tudja, hány ezer év előtti világát és melegét élvezzük mi, késő utódok, szénfűtötte szobáinkban s a villamos lámpák bűvös fényében

Kellő hőmérsékre hozva meggyúlad a szén, egyesül a levegő Oxigénjével Szénsavvá. E vegyifolyamatban igen nagy helyzeti erély alakúl át hőmozgássá. 1 kgr. szén elégésénél 8080 caloriát nyerünk. A termelt meleggel vizet gőzöltgethetünk el, a gőz moleculáit gyors mozgásba hozhatjuk, feszítő erővel láthatjuk el, mely gőzgépeink közvetítésével mechanikai munkavégzésre képes. Forgattathatjuk vele új elektromos gépeink fegyverzetét, s a munkát, melyet a forgatásra fordítunk, elektromoserély alakjában nyerjük meg, mely, alkalmas készülékek segélyével, újból mechanikai munka végzésére fordítható, vagy az erély más alakjaiba átváltoztatható. Az elektromosság által hajtott vasútak egy példáját adják az elektromosenergia mechanikai munkára való átalakíthatóságának. Itt a chemiai intézetben is hasznát vesszük ez átalakíthatóságnak, a chemiai dolgozóhelyek szellőztetésére. Az elektromos áram, mely a souterrainben elhelyezett dynamo-elektromos gép fegyverzetének forgatása által termeltetik, a padlásra van vezetve, a hol egy másik gépben, a mely az elektromos vasútak kocsiiban lévőkhöz hasonló, mechanikai munkává változik, a gép tengelyét gyors forgásba hozván. Szíjáttevással forgásba jön így a szellőző gép is, mely a padláson együvé vezetett tág csövekből kiszivattyúzza a levegőt.

Az elektromos áramot vezető két drót végére szénpálczákat erősítek meg s egymáshoz közelítem. Azonnal izzásba jönnek s káprázatos fény tölti be a termet. Egy hosszú, csavarszerűleg hajtott platinadróttal kapcsolom most össze az elektromos drótokat, a platina drótot előbb vízben helyezve el. Gázbuborékok szállanak föl nem-sokára a vízből, most élénk forrásba jött. Az elektromosenergia itt hőmozgássá alakúlt.

Kénsavval megsavanyított vízbe mártom a platinalemezben végződő drótokat, a víz alkatrészeire bomlik. Itt látszólag eltűnt az erő, mely a chemiai bontást eszközölte. Valójában azonban nem úgy van. Chemiai helyzeti erélylé alakúlt át. A vízből kivált Hydro-

gén és Oxygén elegye piczi szikra által elgyújtható, vízzé egyesül újra, s ez egyesülése igen jelentékeny hőt szabadít föl. A megjelenő hő egyenértékű azon elektromosenergiával mely a víz két alkatrészének kiválasztására fölhasználtatott.

Az elektromos árammal még egyszer bontatok föl Kénsavval megsavanyított vizet, de a drótok végeit nem platina lemezekben, hanem nagy felületű és érdessé tett ólomlapokon vezetem a vízbe. Most kezdetben légnemek nem fejlődnek a vízből; később az egyik ólomlapról szállanak fel buborékok, melyek meggyújthatók: Hydrogén. Ez az ólomlap fényes felületet mutat, a másik ellenben barna kéreggel vonódott be. Az itt fölszabaduló Oxygén okozta e kérget, mert a vízből kivállása pillanatában vegyileg egyesült az Ólommal. Megszakítom az áramot; az ólomlapokat pedig e nagy drótgűrűvel kapcsolom össze, melynek közepén mágnespálcza függ. A mágnes erős kilengésbe jut. A dróton tehát elektromos áramnak kellett áthaladnia. Ez áramot az ólomlapok szolgáltatták, melyeket a rajtok előbb átvezetett elektromos áram vegyileg megváltoztatott. Az Ólomoxyd és superoxyddal bevont ólomlap a tiszta ólomlappal szembe állítva, elektromos áramot indít, mely az által jó létre, hogy az oxydos lap és a Kénsav közt vegyifolyamat következik be; az oxyd a kénsavban föllóldódik, mihelyt a két ólomlapot a folyadékön kívül vezetődróttal összekapcsoljuk.

A míg tehát az első esetben az elektromos energia a fölszabadított Hydrogén és Oxygén egymás iránti helyzeti energiájává lett, mely a két légnem egyesülésénél hő-mozgássá változik át, addig az utóbbi elrendezésben, ugyan szintén chemiai helyzeti energiát idéz elő, de oly körülmények között, hogy e chemiai energiából közvetlenül megint elektromos energia lehet. Chemiai helyzeti energiában összegyűjthető, felhalmozható e szerint ilyen fajta apparatusokban mintegy az elektromosság, a miért e készülékeket el is nevezték elektromos gyűjtőknek vagy fölhalmozóknak, (Accumulatorok.)

Az erő átváltozására vonatkozó tanulmányokból a fölemlített és ezek hez hasonló esetekben, kivétel nélkül megerősítést nyert a már fönnebb kiemelt törvény, hogy valahányszor az energia egyik neme egy vagy több másféle energiává alakul át, az új energia összesen ép annyi munkaképességet representál, mint a mennyi munkaképességben állott azon energia, a melynek átalakulása folytán létrejött.

Ha közönséges Zink pálczát híg Kénsavba állítunk, lassanként feloldódik benne Kénsavas zinkké. A folyadék a folyamat alatt jelentékenyen megmelegszik. A fejlődő meleg mennyiségét mindenkor változatlanul egyformának találjuk, valahányszor 65 gramm = 1 atom-súlynyi Zinket, hasonló körülmények között feloldunk. A meleg mennyisége nem változik meg akkor sem, ha a Zink mellé, de úgy, — hogy vele ne érintkezzék — egy platinapálczát vagy lemezt állítunk a Kénsavba. De megváltozik bizonyosan, és pedig megkevesbedik, mihelyt a zinkpálcza és a platinalemez kiálló végeit egy fémdróttal kapcsoljuk össze. Az összekötő drót maga új tulajdonságokat nyer. Mágnesűt kitérít az irányából, s az elektromos áram hatásának egyéb tünetenyei idézhetők elő vele.

A drótban áramló elektromos energia mind időben, mind pedig okozatilag, a Zinken végbemenő chemiai folyamattal függ szorosan össze. Időbelileg annyiban, mert azonnal megszűnik, mihelyt a chemiai folyamat végbemenését valami módon megakadályozzuk. Okozatilag pedig azért, mert munkavégzésre képes, tehát enargiatartalommal bír. Az egyetlen energiaforrás azonban, mely itt (a környezet melegének kizárásával) rendelkezésre áll, a chemiai folyamat, tehát chemiai energiának kellett átváltoznia elektromos energiává. A chemiai energia egyrésznének elektromos energiává való átalakulása miatt találjuk kevesebbnek a Zink oldási melegét. A Zink oldási melegének több mint felét át lehet változtatni elektromos energiává, a leírt combináció mellett. Ha ez elektromos energiát meleggé alakúlni engedjük és ennek mennyiségét hozzáadjuk a Zink oldási melegének maradékához, kitűnik, mint Joule, F a v r e és mások kimutatták, hogy ez összeg egyenlő a Zinknek közönséges körülmények között tapasztalt oldási melegével; szóval az erő aequivalenciájának törvénye szerint megyen végbe ez átalakulás.

Ugyanez bizonyúl be, ha az elektromos energiát, melyet a chemiából nyerünk, egyidejűleg mechanikai munkává változtatjuk át. A Zink oldási melegét itt is kevesebbnek találjuk, és pedig épen annyival, a mennyit a mechanikai munkának hőértéke kitesz. Hozzá adva ezt is, az összeg egyenlő a Zink normális oldási melegével.

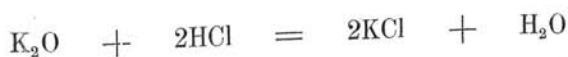
És ugyancsak ez áll azon esetre nézve is, ha a nyert elektromos energiát chemiai munkára használjuk föl. Ha például vizet bontatunk vele. Az oldási meleg akkor ismét csekélyebb és pedig

annyival, a mennyi a nyert durranólég egyesülési melege. Az energia törvényét minden esetben szigorúan érvényesnek találjuk.

A chemiai energia, mely az ismert energia-alakok közt, a természetben a legsűrűbben szerepel, lényegére nézve még ma is alig ismert. Nem azonos egyikével sem az ismert energiáknak, mint azelőtt gondolták; hatásaiban a tömeggel való arányosságot mutat, s így alakjára nézve e tekintetben a mechanikai energiához legközelebb áll. Értékét, nagyságát, közvetlenül nem tudjuk megmérni. Az egyetlen mód, hogy ezen ismeretet megszerezzük, abban áll, hogy az energia valamely más, általunk mérhető alakjába átváltoztassuk. A legkönnyebben és a legtökéletesebben hővé alakítható át. A hőt könnyen mérhetjük. Nagy számú becses adat áll már rendelkezésünkre ma a thermochemiában, mely a chemiai energiának melegalakjában való mérését s az e mérések eredményeiből levonható következtetéseket és törvényeket tárgyalja. A chemiai folyamatoknál nyilvánuló energia megmérése fektette le az első szilárd alapot, az úgynevezett vegyrokonság praecis meghatározására, tüneményeinek mennyiségtani kezelésére. Vegyrokonság alatt eleitől fogva a testek azon képességét értették, hogy bizonyos más testekkel chemiai vegyületekké egyesülhetnek. A chemiai átalakulásokat a szereplésbe jutó testek különböző nagyságú vegyrokonságára vezették vissza. Így például a Kaliumnak az Oxigén iránt nagyobb vegyrokonságot tulajdonítottak, mint a Hydrogénnek, mivel a Kalium a vizet felbontja, Hydrogént hajtva ki belőle:



a Chlor irányában még nagyobb, mert a Kaliumoxyd Sósavval találkozáván, Chlórral cseréli ki Oxigénjét:



Az ezüst még nagyobb hajlamot mutat a Chlórral egyesülésre, mint a Kálium; Chlórkali ódatát öntve Salétromsavas ezüst óldatába, fehér, tőröképű csapadékot nyerünk, Chlórezüstöt:



Ezen vegyi átalakulások tulajdonképeni okáról, a vegyrokonság mint pusztá fogalom, természetesen semmiféle magyarázatot nem tartalmazott. Valamely tünetény megmagyarázottnak tekinthető akkor, ha képesek vagyunk azt visszavezetni magukban véve ismerteknek tekintett okokra és föltételekre, és kimutatni azt, hogy ezeknek szükségszerű következménye. A vegyrokonság pusztá fogalma által a vegyi tünetényeknek ilyen magyarázata nem adható. Mert hiszen magának az egyes testek között fönnforgó nagyobb vagy kisebb vegyrokonságnak megálapításához azon észlelések alapján jutunk el, hogy adott testek között vegyiátalakulás történik, hogy az bizonyos határozott értelemben megyen végbe, de hogy miért történik, miért az észlelt és nem más értelemben. arra ezen észleléseinkből nem vonhatunk következtetést, a tényeknek magyarázatát nem adhatjuk.

Egészen más alakot nyer azonban a kérdés, ha az ezen folyamatoknál működő chemiai energia nagyságának számbeli értékeit ismerjük; akkor igen is megvárható, hogy ez adatokból a tünetények lefolyásának közelebbi okairól fogunk felvilágosítást nyerni, sőt azon helyzetbe is juthatunk, hogy adott esetekben előre megmondhassuk, valjon chemiai átalakulás fog-e történni, s ha igen, milyen eredményel.

A chemiai átalakulások legtöbbszörénél a chemiai helyzeti energia hő mozgássá lesz, meleg alakjában szabadul föl. A meleg mennyiségének meghatározására különböző módon lehet eljárni. Eljárhatunk például úgy, hogy az edényt, melyben a chemiai folyamatot végrehajtjuk, ismert mennyiségű és hőfoku vízbe állítjuk be és a folyamat bevégeztével, pontos hőmérővel meghatározzuk, hány fokkal emelkedett a környező víz hőmérséke. Ismerve a víz mennyiségét, kiszámíthatjuk a vegyifolyamat által termelt meleg mennyiségét hőegységekben; visszaemlékezve a már fönnebb érintett definitióra, hogy 1 hőegységnek a meleg azon hatásnagyságát vesszük, mely épen elegendő 1 klg. 0°-ú víz hőmérsékletének 1 Celsius fokra emelésére.

Természetes, hogy készülékünknek úgy kell berendezve lennie, hogy az edényünket környező víz, hőszugárzás vagy hővezetés által melegéből a kísérlet tartama alatt, semmit se veszíthessen.

Igen pontos melegmérések eszközölhetők a Bunsen által szerkesztett Caloriméterrel. A termelt meleggel e készülékben 0° hőmérsékletű jeget olvasztunk meg, s a megolvasztott jég súlyából

számítjuk ki, a megolvasztáshoz fölhasznált, tehát a vegyifolyamat által az adott esetben termelt melegmennyiséget. Bunsen Caloriméterének berendezése mellett a megolvasztott jég súlyát nem közvetlen lemérés, hanem a megolvasztásnál bekövetkező térfogat megkisebbedés meghatározása által tudjuk meg. Ismeretes, hogy a 0° -ú jég ritkább, mint a 0° -ú víz, a miért úszik is rajta. 1090._s köbcentiméter 0° -ú jég megolvasztása által csak 1000 köbcentiméter 0° -ú vizet nyerünk, azaz a jégből igen közel $\frac{1}{11}$ részzel kisebb térfogatú 0° -ú víz lesz.

Ha egy U alakú üvegsőbe, melynek egyik szára tág és felül beforrasztott, a másik szára keskeny, hosszú, és elgörbítve az előbbire merőlegesen folytatódik, körülbelől annyi tiszta vizet töltünk, hogy a tág szár $\frac{2}{3}$ -ára vízzel megteljen, miközben e szárat beforrasztott tetejével lefelé fordítjuk, azután a vizet megfagyasztjuk s most higanynyal töltjük ki a cső egész hátralevő ürét, azt visszahelyezve eredeti állásába, egy oly készüléket nyerünk, melylyel a jég megolvadásánál bekövetkező térfogat megkisebbedést igen jól láthatóvá tehetjük. A mint a jégből valami elolvad, a higanyszál a keskeny csőben, az összehúzódnak megfelelő mérvben beljebb húzódik, úgy, hogy ha ismerjük a keskeny cső ürének átmérőjét, s megmérjük a hosszúságot, a melylyel a higanyszál beljebb nyomul, ki számíthatjuk az összehúzódnak nagyságát.

Bunsen caloriméterében a jég megolvasztása által előidézett térfogat megkisebbedés megmérése lényegileg a leírttal megegyező módon történik. A mérés megkönnyítése és pontosabbá tétele végett, a keskeny cső egész hosszában milliméteres osztályzattal van ellátva, s előzetesen megállapítatik, hogy minden egyes milliméter hosszúságnak, a csőüregből mennyi köbmilliméternyi térfogat felel meg.*) A me-

*) A mérőcső térfogatának kimérése következőleg történik. Elhelyezzük a csövet vízszintesen, oly szobában, melynek lehetőleg állandó a hőmérséke, s néhány centiméternyi hosszú higanyszálat szívunk fel belé, ügyelve, hogy a higanyszál egyik vége az osztályzat 0° pontjával egybeessen. Mire a higany a szoba hőmérsékét fölvette, meghatározzuk távcső segítségével hosszúságát (L), egyben a szoba hőmérsékét is leolvastva. Ezután tovább mozdítjuk vagy szívjuk a higanyszálat, s meghatározzuk a cső ezen helyén elfoglalt hosszát (L_1) s ezt folytatjuk, míg az osztályzat másik végére értünk. A cső egyes részeinek térfogatát külön-külön azért szükséges meghatározni, mivel oly csövet, mely mindenütt

legmérési kísérletek eszközölhetése végett, a jeget tartalmazó szárba függőleges irányban s mintegy a szár közepéig benyulóan. egy megfelelően tág s alul elzárt üvegső van beforrasztva, melyben a melegtermelés tekintetében megvizsgálandó vegyi-folyamatok hajtatnak végre. A termelt meleg a csövet minden oldalról környező jégre gyakorolja hatását, olvaszt belőle, a minek megfelelően a higanyszál a mérő csőben visszahúzódik. A visszahúzódás nagyságából kiszámítható az esetenként megolvasztott jég mennyisége, s miután ismertes, hogy 1 gr. 0^o-ú jég megolvasztására 0^o-ú vízzé, hány Caloria szükséges (0.080 Caloria) a termelt meleg mennyisége caloriákban fejezhető ki. *) Hogy a calorimeterben a vegyi folyamattól idegen té-

egyforma méretű legyen, aligha lehet találni. A higanyt végre a csőből kiöntjük s megmérjük súlyát (g).

Ha a leolvadás 0^o-nál történt volna, a higanyszál s így a cső megfelelő térfogatát (V) nyernék, a higanyszál súlyának elosztása által a 0^o-ú higany fajsúlyával ($S = 13,596$):

$$V = \frac{g}{S}$$

és 1 osztályzatnak térfogata (v) az

$$L: \frac{g}{S} = 1 : v; \text{ egyenletből } v = \frac{g}{SL}$$

A leolvadás azonban rendszerint 0^o-nál magasabb, t^o -nál történik, ezért szükséges a 0^o-ra vonatkozó térfogatnak, a t^o -nál a higany által valóban elfoglalt-ra való átszámítása; a higany kiterjedési tényezőjét β -val jelölván, a t^o -nál általa elfoglalt térfogat

$$V = \frac{g(1 + \beta t)}{S}$$

s az 1^o osztályzatnak megfelelő:

$$v = \frac{g(1 + \beta t)}{SL}$$

*) Annak megtudására, hogy hány gramm jégnek kell megolvadnia, hogy az összehúzódás 1 osztályzat térfogatának v -nek feleljen meg, a következő elmélkedéssel jutunk el.

Ha a 0^o-ú jég fajsúlyát s_j -vel jelöljük, 1 gr. 0^o-ú jég térfogatát kifejezhetjük következőleg $\frac{1}{s_j}$; a 0^o-ú víz fajsúlyát s_v -nek írva, kapjuk az 1 gr. 0^o-ú víz tér- fogatát

$$\frac{1}{s_v}\text{-nek.}$$

nyezők jeget ne olvassanak meg és hogy a jég állandóan 0° hőmérsékletű legyen. az egész calorimeter egy tág faszekrény közepébe helyeztetik el, oly módon, hogy csak a mérőcső nyúljon az egyik oldalán a szabadba; a szekrény pedig megtöltetik teljesen tiszta hóval, mely a calorimetert minden oldalról körül vegye. A tiszta hó olvadási pontja 0°-nál fekszik, a calorimeter tehát állandóan 0°-ú környeze tben tartható, ha a havat azon mértékben, a mint elolvad, folyton friss hóval pótoljuk, a hóvizet a szekrény alján alkalmazott csapon időről-időre kieresztve.

Azon igen számos adatból, melyet a thermochemiával foglalkozó bűvárok maig megszereztek, néhány általánosabb érdekűt szabadjon itt felsorolnom. A víz képződésének erélyviszonyai a következőknek találtattak :

2 gramm Hydrogén, midőn 16 gr. Oxigénnel 18 gramm 100°-ú vízgőzzé egysesül, 57.2 Caloriányi meleget termel. 2 gr. H és 16 gr.

A különbség: $\frac{1}{s_j} - \frac{1}{s_v}$ egyenlő azon térfogattal, mely eltűnik, midőn 1 gr. 0°-ú jég, 1 gr. 0°-ú vízzé megolvad. Jelöljük a v térfogat összehúzódást előidéző jég gramm-mennyiségét p -vel, leend:

$$1 : \left(\frac{1}{s_j} - \frac{1}{s_v} \right) = p : v ; \quad s \text{ innen}$$

$$p = \frac{s_j s_v}{s_v - s_j} \times v.$$

$$\text{Az } s_j = 0.91674$$

$$s_v = 0.99988$$

ezen értékek helyettesítésével az egyenletbe nyerjük :

$$p = 11.02514 \times v.$$

Valamely kísérletben L osztályzattal ment légyen vissza a higanyszál, akkor az ennek megfelelő megolvadt jég gramm-mennyisége:

$$Lp = 11.02514 \times vL.$$

Miután 1 gr. 0°-ú jég megolvasztására 0°-ú vízzé 0.080 Caloria szükséges, megfelel p grammnak :

$$p \times 0.080 = 11.02514 \times 0.080 \times v = 0.882 v.$$

s így az L skálarésznek megfelelő melegmennyiség:

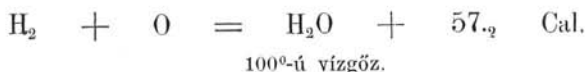
$$0.882 vL \text{ Caloria.}$$

O-nek tehát szabad állapotban 57.₂ Caloriának megfelelő chemiai helyzeti energiája van, mely meleggé lesz a két elem vegyiegyesülésénél. A keletkezett 18 gr. 100^o-ú vízgőz energia tartalma e szerint 57.₂ Caloriával kisebb, mint vegyületlen alkatrészei. Miután ez utóbbiak meg a víz között 57.₂ Caloriának megfelelő energiakülönbség forog fönn, közel fekvő a víz és alkatrészei tulajdonságainak lényeges különbségét, az energia-tartalmukban való nagy különbségre visszavezetni és arra következtetni, hogy azon esetben, ha 18 gr. vízgőzzel 57.₂ Caloriányi energiát fölvétetünk, az föl fog bomlani alkotó elemeire.

Ezen következtetés helyes vólta mellett szól a tapasztalat.

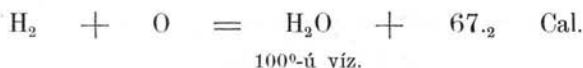
Nemcsak a tárgyalt, hanem minden esetre vonatkozólag: Valamennyi vegyület szétesik alkatrészeire, ha akkora mennyiségű energiát közlünk vele, vétetünk fel általa, a mekkora mennyiségűt elvesztett akkor, a midőn alkatrészeiből keletkezett. Ha a vegyület fölbontását meleg által eszközöljük, akkor a felbontásnál eltűnő meleg, egyenlő az illető vegyület képződése alkalmával fejlődött meleggel. Ezen igazság a thermochemia egyik sarkalatos törvényét képezi.

Ezen törvény alapján a víz képződésének egyenletét, tekintettel az energiabeli viszonyokra, ekként irhatjuk:



(a symbolumok itt is gramm-atomsúlyokra vonatkoznak.)

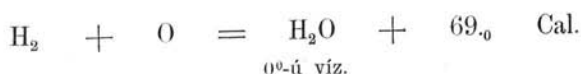
Ha a víz képződése alkalmával a nyert 100^o-ú vízgőzt hagyjuk hűlni, míg 100^o-ú folyós vízzé sűrűsödik meg, az egyesülésnél termelt meleg megszorodik még azon melegrészlettel, a melyet a 100^o-ú vízgőz elveszt, midőn 100^o-ú folyós vízzé lesz. Ezen melegrészlet 10 Caloriának találtatott, úgy, hogy ez esetre — a képezett vegyület ezen végállapotára — vonatkozólag, a vízképződésének energia-egyenlete leend:



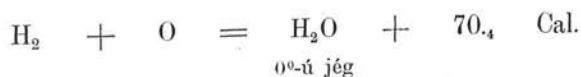
Kiolvasható ezen egyenletnek a fönnebbivel összehasonlításából, hogy 18 gr. 100^o-ú folyósvíz elgőzölögtetésére, átalakítására 100^o-ú vízgőzzé 10.₀ Caloria meleg szükséges, azaz annyi meleg, a melylyel 10 liter 0^o-ú víz hőmérsékét + 1^o-ra lehetne emelni.

Azon esetben, ha a keletkezett vizet 0^o-ra engedjük lehűlni, a termelt meleghez még hozzájárul azon meleg, melyet 18 gr. 100^o-ú víz veszít, midőn 0^o-ra lehűl, ezen mennyiség 1.₈ Cal.

Az egyenlet ez esetben tehát:



Ha végül a keletkezett vizet annyira lehűtjük, hogy 0^o-ú jéggé fagy meg, hozzájárul még 1.₄ Cal. a termelt meleghez.



18 gr. 0^o-ú jég megolvasztására 0^o-ú vízzé 1.₄ Cal. szükséges, s 18 gr. 0^o-ú víznek még 1.₄ Caloriát kell elvesztenie, mielőtt jéggé fagyhatna. Innen érthetővé válik azon lassúság, a melylyel télen a víz megfagy, ha már 0^o-ot el is ért; s a fönnebbi egyenletek alapján a vízgőzben lappangó melegből, a légkör hőmérsékének gyakran feltűnő emelkedése, a légkör vízgőzének esőcseppekké és hópolyhekké tömörülésekor.

A meleg mennyisége, mely a képezett víz végállapota szerint különböző, figyelmünket fölhívja azon körülményre, hogy az energiára vonatkozó adatok fölhasználásánál, a velők való számításoknál mindenkor tekintetbe vegyük, hogy az illető adat a kérdéses combináció milyen végállapotára vonatkozik. A végállapoton kívül a combináció kezdeti állapota jön tekintetbe, mert ha ez is más és más, természetes, hogy ugyanazon végállapot előidézésekor is, a nyilvánuló energiában megfelelő különbségnek kell jelentkeznie. (A víz képződésére fönt kifejtett viszonyokban a kezdet állapota minden esetben egyenlő volt, a Hydrogén és Oxygen közönséges, szoba hőmérsékkel bíró).

Tekintettel a kezdet és végállapot jelentőségére, szükséges a fönnebb levezetett törvényt pontosan körülírni:

A vegyületek fölbontásánál eltűnő meleg, egyenlő a képződésüknél fejlődő meleggel, föltéve, hogy a kezdet és a végállapot ugyanazonos.

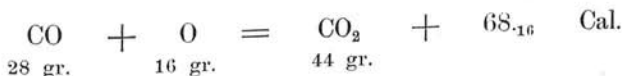
Egy és ugyanazon combináció physikai megváltozásánál vagy vegyiátalakulásánál a melegnek mindenkor egyforma mennyisége fejlődik, valahányszor a combináció ugyanazon kezdetállapotból ugyanazon végállapotba megyen át, történjék ezen átmenés akár közvetlenül, a kezdetállapotból egyenest a végállapotba, akár pedig közvetett úton, akkép, hogy a combináció egy vagy több közbeeső stádiumon halad először keresztül s csak azután kerül végső állapotába. Ha ez utóbbi esetben összegezzük a melegmennyiségeket, a melyeket az illető combináció az egyes stádiumokban termelt, az összeg tökéletesen egyenlő a meleg azon mennyiségével, melyet nyerünk, ha ezen combinációt, kezdetállapotából egyenest végállapotába visszük át.

Ezen ismeret lehetővé teszi, hogy oly vegyületek képződési melegét s megtudhassuk, a melyeknél ezt kísérleti úton nem, vagy csak igen körülményes módon mérhetnők meg. Két vagy esetleg több parallel kísérleti meghatározással érünk ilyen esetben czélt; először átalakítjuk a kérdéses vegyületet egy vagy több új vegyületté, megmérve a meleget, a mely ezen átalakításnál fölszabadúl; azután ugyanezen új vegyületté vagy vegyületekké egyesítjük a szabad elemeknek akkora mennyiségét, a mekkora mennyiségben a kérdéses vegyületet alkotják, megmérve itt is a termelt meleget. Azt tesszük meg tehát, hogy ugyanazon és ugyanakkora mennyiségű anyagokból álló, de különböző állapotban levő két combinációt, vagy egyszerűbben: egy testrendszernek két különböző kezdetállapotát visszük át ugyanazon végállapotba.

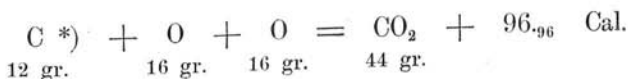
A két esetben termelt melegben különbséget kell, hogy találjunk; e különbség a két különböző kezdetállapot energiabeli különbsége: a szabad elemek és a kérdéses vegyület energia-tartalmában való különbség, azaz, a kérdéses vegyület képződési melege

Egy példa ezt azonnal kellőképen megvilágítandja. Tegyük föl, hogy a Szén oxyd (CO) képződési melegét akarnók megtudni. E végből legczélszerűbb lesz, ha a Szén oxyd egy bizonyos mennyiségét Szénsavvá (CO₂) égetjük el, s megmérjük a Calorimeterben a termelt meleget. Ezt átszámítjuk a Szén oxyd egy gramm-moleculasúlynyi

mennyiségére. A tapasztalat szerint ezen érték 68_{.16} Caloriát tesz, tehát a folyamat egyenlete:



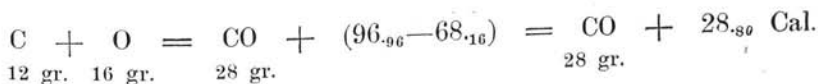
Erre ugyancsak ebbe a végállapotba, — CO₂ — visszük át a szabad elemeknek, C-nek és O-nek, akkora quantumát, mint a mekorát Szénnoxid és Oxygén képében, az imént Szénsavvá alakítottunk, s meghatározzuk ez esetben is kísérletileg a fejlődő meleg mennyiségét. Ennek értékéül 96_{.96} Cal. át nyerünk, e folyamat egyenlete tehát:



Egyforma elemek egyenlő mennyiségéből képezett két különböző rendszert vagy combinációt, tehát különböző kezdetállapotokat vittünk itt át ugyanazon egy végállapotba; a két esetben termelt meleg közötti különbség oka, nyilván, a kezdetbeni állapotok különböző voltában rejlik, a kezdetállapotok energia-tartalombeli különbözetét fejezi ki, vagyis azon melegmennyiséget, mely fölszabadul, vagy eltűnik, midőn az egyik kezdetállapot a másikba — vagy viszont — megyen át. Ennek folytán:



vagy miután az egyik Oxygénatom a Szénnoxid képződésénél változást nem szenved, s így elhagyható:



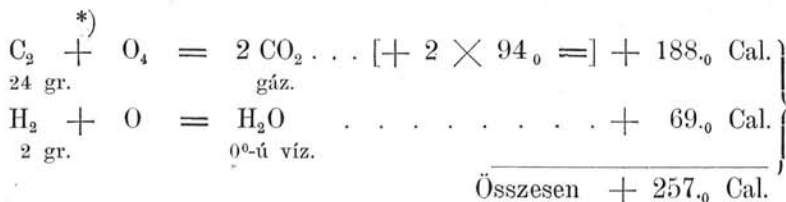
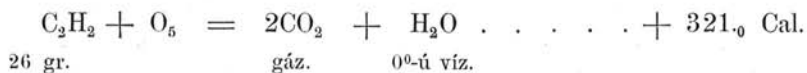
Egy gramm moleculasúlynyi Szénnoxid, midőn elemeiből keletkezik 28_{.80} Cal. meleget termel.

Még egy példát idézek. Az Acetylen-nek nevezett, C₂H₂ összetételű Szénhydrogén képződési melegét közvetlenül nem lehet megmérni, de meghatározható közvetve, hasonló módon, mint a Szénnoxid-

*) Faszén.

nál történt. Elégetjük az Acetylent Szénsavvá és vízzé, s megmérjük a termelt melegmennyiségét, s ezen eredményt egybehasonlítjuk az Acetylent képező elemek által termelt melegmennyiséggel, mely előáll midőn a vegyületlen elemek Szénsavvá és vízzé elégnek.

Az eredmények a következők:

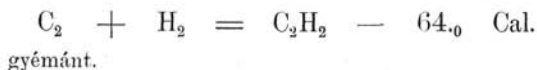


24 gr. Szén és 2 gr. Hydrogén tehát fejlesztenek elégésüknél:

- a) Acetylen alakjában 321.0 Caloriát;
- b) Szabad állapotban 257.0 „

Az első esetben tehát többet 64.0 Caloriával.

E szerint az Acetylen egy gramm moleculasúlyában 64.0 Caloriával több energia van főlhalmozva, mint az öt képező szabad elemekben. Az Acetylen ennek folytán elemeiből nem hőfejlődéssel, hanem ellenkezőleg, hőfölvétellel képződik, és pedig 64.0 Caloriányi energia közlendő 24 gr. szén és 2 gr. Hydrogénnel, hogy 26 gr. Acetylen-né egyesülhessenek. Képződésének energia-egyenlete tehát:



Ezen nagy energia-szükséglet folytán az Acetylent igen nehéz is az elemeiből előállítani. Nyerhető olyan módon, ha egy elektromos

*) Mint gyémánt; a gyémánt energiatartalma kisebb, mint az alaktalan szénéé, 12 gr. gyémánté számítva, 12 gr. közönséges szénnel szemben, 2.06 Caloriával kisebb. A közönséges szén 12 grammjából tehát 2.06 Caloriányi energiát kellene elvonni, hogy 12 gr. gyémánttá legyen. Az elvonás módját, sajnos, még nem ismerjük.

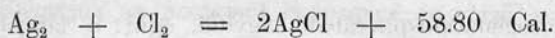
ívlámpát Hydrogénatmoszférában hagyunk égni; a lámpa szénsarkai közt fejlődő rendkívül nagy meleg ellátja ekkor a két alkatrészt az Acetylen-képezéshez nélkülözhetlen energiával.

Az olyan testeket, mint az Acetylen, a melyek energiafölvétellel jönnek létre, *endothermes* vegyületeknek nevezzük, azokat pedig, a melyeknek képződésénél energia felszabadul, *exothermes*eknek. A vegyületeknek túlnyomóan legnagyobb része exothermes s csakis exothermes testrendszeret eredményező kémiai folyamatok, kémiai átalakulások történhetnek meg maguktól, idegen, kölcsönvett energia közreműködése nélkül.

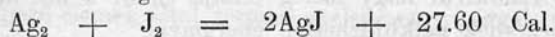
A tapasztalat azt mutatja, hogy minél több meleg szabadulhat föl valamilyen vegyifolyamatban, többnyire annál könnyebben megyen ez végbe, sőt, ha egy bizonyos testrendszer többféle exotherm átalakulást szenvedhet, rendszerint azon az átalakuláson megyen át, a melynél a legtöbb melegetszabadítja föl, vagy más szavakkal a legnagyobb munkát végzi.

A míg a thermochemiai adatoknak a száma nem volt oly nagy, mint ma, úgy látszott, mint ha a legnagyobb hőfejlesztés vagy munkavégzés a testek kémiai átalakulásaiban kivétel nélküli, általánosan érvényes törvényt képezne, melyet „a legnagyobb munka elvé”-nek neveztek el. Ma tudjuk, hogy e törvény nem áll kivétel nélkül, vannak kivételes esetek, oly vegyi átalakulások, a melyek nem e törvény szellemében mennek végbe, a vegyifolyamatok túlnyomó számára azonban ma is alkalmazást nyerhet. Segélyével azért a legtöbb esetben előre mondhatjuk meg, hogy bizonyos adott testrendszerek, bizonyos körülmények fönnforgása mellett, szenvedhetnek-e megváltozást, s ha igen, hogy ezen megváltozás milyen irányban, milyen eredménnyel fog megtörténni. A testrendszerek lehetséges megváltozásainak erélyviszonyait kell csak ismernünk, hogy a legnagyobb munka elvének alapján megítélhessük, történhetik-e valamely adott esetben átalakulás s ha történhetik, milyen irányban fog ez végbemenni

Legyen szabad e tekintetben néhány meggyőző példát bemutatnom, a melynél a legnagyobb munka elvéből vont következtetést, a kísérlettel is azonnal igazolhatom. Az első példa az ezüst Chlór és Jód-dali vegyülésének erélyviszonyaira vonatkozik, a mely folyamatok a következő energia-egyenletekben nyernek kifejezést:

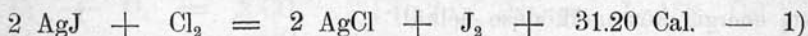


gáz.



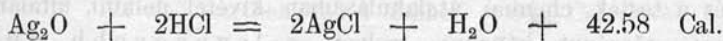
gőz.

Miután a Chlorezüst képződésénél $58.80 - 27.60 = 31.20$ Calóriával több meleg fejlődik, mint a Jódezüst keletkezésénél, a már kész Jódezüstnek, szabad Chlór által elbonthatónak kell lennie, átalakíthatónak Chlórezüstté, Jód kiválasztása mellett:

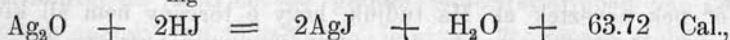


Jódezüstöt helyezek el egy csőbe s Chlörgáz hatásának teszem ki; a hatás azonnal meglátszik, megbarnúl a kiváló Jódtól.

A második példa ugyancsak az előbbi vegyületeknek, azonban más körülmények között fönnforgó erélyviszonyaira alapított. Azon körülmények mellettekre, midőn Ezüstoxydot alakítunk át híg Sósav illetve Jódhydrogénsav oldattal Chlór illetve Jódezüstté. Itt mindkét esetben az Ezüstvegy mellett víz is jön létre:



híg



híg

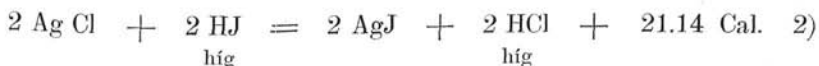
úgy, hogy az ezen folyamatokban nyilvánuló energia tulajdonképen négy factorból jön létre; így az első folyamatban: a Chlórezüst és a víz képződési melegéből, mely positiv értékű, és az Ezüstoxyd s a Sósav fölbontásmelegéből, mely negativ, vagyis, az Ezüstchlorid és a víz képződése általmeleg szabadúl föl, az Ezüstoxyd és a Sósav fölbomlása folytán pedig meleg tűnik el, mely utóbbi az Ezüstchlorid és víz képződési melegének rovására esik, abból vonatik el, úgy, hogy a végérték, a tényleg észlelt meleg, ezen positiv és negativ értékek differenciájának felel meg.

Azt látjuk, hogy e differentia a fennforgó körülmények között a Jódezüst képződésénél nagyobb, és pedig:

$$63.72 - 42.58 = 21.14 \text{ Calóriával,}$$

a miből a legnagyobb munka elvének alapján azt kell következtet-

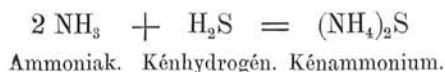
nünk, hogy a már kész Chlőrezüst, híg Jódhydrogénsav behatására el fog bontatni, át fog alakíttatni Jődezüstté, Sósav képződéstől kísérve :



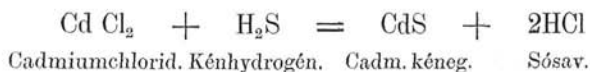
A tapasztalat ezt is igazolja.

Az ezüstvegyek átalakulása tehát az 1) és 2) alatti esetekben teljesen ellentett irányban ment végbe, a körülmények különböző természete szerint, de mindkét esetben összhangzásban a legnagyobb munka elvével.

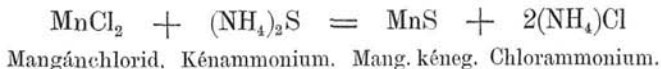
Igen tanulságosak ez irányban a fémek Chlőr és Kénvegyeinek képződési viszonyai. Már a második előadásomban tettem említést arról, hogy a minőleges vegyelemzésben, a fémek osztályokba egyesítésére a Kénhydrogént használjuk föl, mely egyeseket, még szabad sav jelenlétében is, sóik óldatából kicsap, kénegeket képezvén velük, míg más fémeket csak Ammoniak közreműködésével, tehát mint Kénammonium képes kiválasztani :



Az első kategóriába tartozik pl a Cadmium, mely sóinak óldatából Kénhydrogén által mint sárga színű Cadmiumkéneg csapatik le :



a másodikhoz tartozik a Mangán, mely csak Kénammonium által csapható le :



Az okok felől, a melyek a fémek ezen különböző magatartását Kénhydrogénnel szemben meghatározzák, az illető folyamatok erélyviszonyaiban nyerünk felvilágosítást.

Az alábbi táblázatban együvé vannak állítva azon fémek, a melyek Kénhydrogén által kénegekké alakíthatók. Az első vízszintes

rovat mutatja a termelt melegmennyiséget, mely az egyes fémek oxyd-
jainak Kénhydrogén oldat által kénegekké való átalakításánál felsza-
badúl, a második rovat pedig a meleget, mely kiválik, midőn ugyan-
csak ezen oxydokból híg Sósav behatása által e fémek chloridjai
képződnek. A harmadik rovat a két melegtermelés mennyisége közötti
különbséget adja, mely minden esetben a kénege képződésének javára
szól, azaz, a termelt meleg ezen körülmények között, jóval nagyobb
a kénege, mint a Chlorid keletkezésénél. Ebből folyólag, a legnagyobb
munka elve szerint, a kész fémchloridoknak Kénhydrogén által elbont-
hatóknak kell lenniök.

I.

Re a c t i ó	Cd(OH) ₂	PbO	CuO	HgO	Tl ₂ O	Cu ₂ O	Ag ₂ O
a fémoxyd és H ₂ S ól- dat közt . . .	27.37	29.20	31.67	45.30	38.49	38.53	58.51
a fémoxyd és 2HCl híg oldata közt .	20.29	15.39	15.27	18.92	27.52	14.46	42.58
Különbözlet . . .	+ 7.08	+13.81	+16.40	+26.38	+10.97	+23.87	+15.93

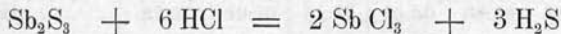
A tapasztalat következtetésünk mellett szól. Ez egymással csö-
vekkel összekapcsolt palaczkokban a Cadmium, Kén, Higany chlór-
vegyeinek s az Ólom és Ezüst légenysavas*) sóinak oldata van; Kén-
hydrogéngázt bocsátok az oldatokon át, kicsapódik a Cadmium sárga
(CdS), az Ólom (PbS), a Higany (HgS), a Réz (CuS), az Ezüst
(Ag₂S) fekete színű kénege.

Másféle energia-viszonyokra találunk azonban ezen fémoxy-
doknak Sósavgáz és Kénhydrogéngáz iránti magatartásuknál. Ez
esetben a fémchloridok képződési melege szárnyalja túl a kénegek kép-
ződésénél termelt meleget, mint a következő táblázatból kitűnik.

*) A Chlorvegyek helyett itt a Légenysavassók vétettek, a melyekre nézve
igen közel ugyanazon energiaviszonyok állanak. Az Ólomchlorid nehezen, az
Ezüstchlorid meg éppen nem oldódik vízben.

csak csekély részében nyilvánulhat, s ép ezért a fémchloridot a Kénhydrogén nem bonthatja el, de a fémkéneget bontja el a Sósav, a fémchlorid képződésével járó magasabb melegtermelésnél fogva.

Igen tömör Sósavóldat midőn sok vízzel fölhígítatik, erősen megmelegsik, tehát a Sósav tömör óldatban, óldási melegének még jelentékeny része fölött disponál. Azért közelítőleg úgy is hat, csak kevésel kisebb energiával mint a Sósavgáz. Megmutathatom erős hatását a következő módon: E nagy üveglombik fenekét az Antimonkéneg piros csapadéka lepi el; az Antimón a Sósav és Kénhydrogén iránti erélyviszonyaiban a fönnebbi táblázatokban foglalt fémekhez csatlakozik. Tömör Sósavóldat tehát kell, hogy elbontsa. Beöntök a lombik nyakába erősített csapos tölcsérbe tömör Sósavat s az Antimonkénegre ereszttem. Fölöldődik, a narancspiros szín eltűnik, csaknem szín nélküli óldatot nyertünk. Kénhydrogén keletkezett, mely részben óldva maradt, részben a lombik levegőjéhez keverődött:



Antimonkéneg. Conc. Sósav. Antim.chlorid. Kénhydrogén.

Minek kell történnie, ha az Antimonchlorid óldatához most sok vizet öntök? Nyilván viszsa kellend képződnie az Antimonkénegnek; mert a Sósav óldási melege érvényesülhet, Kénhydrogén pedig elegendő mennyiségben van jelen. Valóban, a víz hozzáöntésére az óldat megzavarodik, narancspiros Antimonkéneg válik ki belőle:



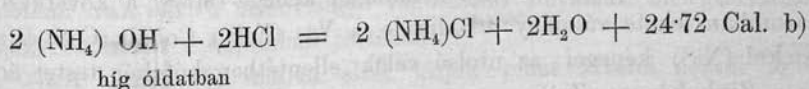
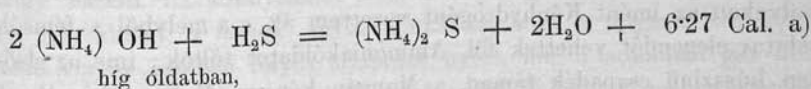
De ne feledkezzünk meg azon kérdésről, a melynek megvilágítására e kísérlet sorozatot megindítottuk. A fémek külön csoportját képezik — mint fönnebb említém — azok, a melyek sóinak közönyös óldatából Kénhydrogén által nem, de Kénammonium által leválaszthatók. E fémek kénegeinek képződési melege kicsi, s chloridjaiknak képződési melege aránylag oly jelentékeny, hogy még a Sósav nagy óldási melege sem képes e differenciát kiegyenlíteni, még kevésbé azt túlsúlyozni. A Kénhydrogén pusztá behatása tehát változást nem idézhet elő.

III.

Reactió	Mn(OH) ₂	Fe(OH) ₂	Ni(OH) ₂	Co(OH) ₂	Zn(OH) ₂
A fémhydrát és H ₂ S óldat közt	10·70	14·57 ^α	18·63	17·41	18·58
A fémhydrát és 2HCl híg oldata közt .	22·95	21·39 ^β	22·58	21·14	20·29
Különbség	—12·25	—6·82	—3·95	—3·73	—1·71

Az e táblázatban felsorolt fémek chloridjainak oldata van ez egymással összefüggő palackszorban; Kénhydrogégázt bocsátok az oldatokon át, semmiféle változás sem történik.

De, ha megsegítjük a Kénhydrogén hatását idegen energiával, mely a fönnforgó energia-szükségletet fődözze, akkor az érvényesülni fog. E fődözetet az által teremthetjük elő, hogy az oldatokban oly segédvegyfolyamatot indítunk meg, mely megfelelő nagyságú melegtermeléssel jár, hogy a fémkéneg a képződéséhez hiányzó energiát belőle vehesse. Ilyen segédvegyfolyamat fog bekövetkezni, ha az oldatokba Ammoniak oldatot öntünk, mely a Kénhydrogénnel egyesülve Kénammoniumot képez. A Kénammonium és a fémchloridok közti cserebomlás már megtörténhetik, mert ez esetben a fémchlorid elbomlásánál képződő Sósav, a Kénammonium elbontásánál kiváló Ammoniummal, Chlorammoniummá egyesülhet; ezen vegyületnek képződése pedig előteremt a hiányzó energiát. A Kénammonium és a vele aequivalens hatásértékű Chlorammonium képződési melege következő:

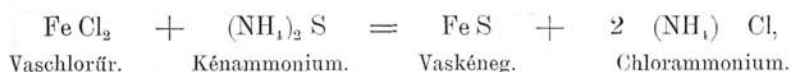


a kettő közötti energiakülönbség:

$$24\cdot72 - 6\cdot27 = 18\cdot45 \text{ Cal.}$$

a Chlorammonium képződésének előnyére.

Kiragadva egy esetet a táblázatban foglalt öt közzül, péld. a Vaschlorür és a Kénammonium közötti átalakulást illetőt, melynek egyenlete :



az energia viszonyokat illetőleg a következő eredményre jövünk :

E vegyefolyamatban két test jön létre, a Vaskénege és a Chlorammonium; ezeknek a képződési melege positiv értékkel szerepel kettő elbomlik, a Vaschlorür és a Kénammonium, ezeknek a felbontása meleget igényel és pedig a thermochemiai — előbb kifejtett — első törvény szerint, éppen annyit, mint a mennyi képződésük alkalmaival termeltetik; e két vegyület képződési melege tehát negativ jellel veendő számításba. Ennek folytán leend :

1. A Vaskénege képződési melege, a III-ik tábla α) szerint . . .	+14.57
2. A Chlorammon. " " b) egyenlet " " . . .	+24.72
3. A Vaschlorür elbontására felhasznált meleg, III. β) . . .	-21.39
4. A Kénammonium " " " a) egyenlet . . .	-6.27
Végeredmény . . .	+39.29 - 27.66

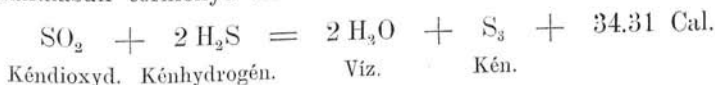
$$+ 30.29 - 27.66 = + 11.63 \text{ Cal.}$$

E folyamat 11.63 Caloria termeléssel jár, s azért a legnagyobb munka elvé alapján végbe kell mennie.

Hasonló eredményre jutunk a többi esetben is. Lássuk most a tapasztalatot, mikép egyezik meg következtetéseinkkel. A palaczkokba, melyeken az imént Kénhydrogént vezettem át, s a melyből a fémsók óldatai elegendőt vehettek föl, Ammoniakoldatot töltök; ime az elsőben hússzínű csapadék támad, a Mangán kénege (MnS), a következő háromban fekete válmány rakódik le, a Vas (FeS), Cobalt (CoS) és a Nickel (NiS) kénegei; az utolsó velök ellentétben hófehér testet ad ez a Zink kénege (ZnS).

A torjai barlang hasadékaiból fojtó szagú légnem száll föl, a Kéndioxyd, kíséretében van a kellemetlen Kénhydrogén is, Kén lepi be a barlang szikla-odúját. Vajjon miként jön itt létre a kénkéreg, és hogyan újul meg folyton, mert az oda zarándokló turisták és betegek

nem egyike visz magával emlékdarabot. A foltok a tört kővön nemsokára mégis eltűnnek, a kéreg visszaképződik, újból összenő. — A legnagyobb munka elve megadja nekünk ezen kérdésre is a választ. E tünetény oka a Kéndioxyd és Kénhydrogén egymásra hatásában rejlik. Találkozásuk egymással mindkettőre végzetes, mert rendszereik oly átalakulásra képesek, mely sok energia fölszabadulást eredményez. Átalakulásuk terménye víz és Kén:



Mivel:

	Caloria
1) Egy molecula SO ₂ felbontására fölhasznált meleg	— 71.07
2) Két " H ₂ S " " " " 2 × 4.51	— 9.02
3) Két " H ₂ O képződési melege 2 × 57.2	+ 114.4
Végeredmény	+ 114.4 — 80.09

$$+ 114.4 - 80.09 = + 34.31 \text{ Cal.}$$

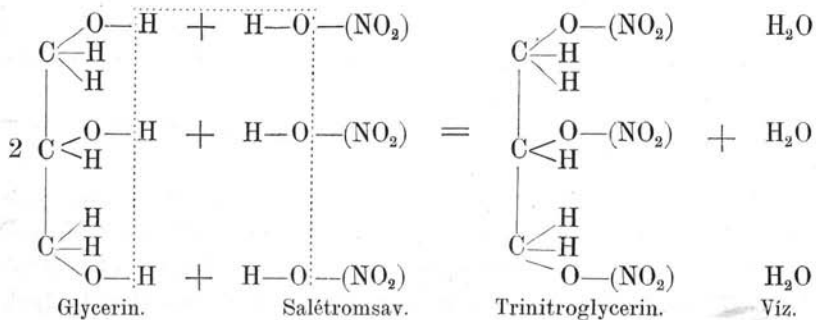
Előidézem ez érdekes tünetényt e nagy üvegballonban. Két-öldalt állanak a Kéndioxydot és Kénhydrogént fejlesztő apparátusok; a ballon két oldali furatán ömlik be a két légnem, melyeknek fejlődését úgy szabályozom, hogy az egyenletnek megfelelően a Kénhydrogénből lehetőleg kétakkora térfogatot nyerjek, mint a Kéndioxydból. Rövid idő múlva elhomályosodik a ballon fényes fala, mind sárgább színt nyer s nemsokára vékony kénréteg borítja be egyenletesen. A ballonból kilépő fölös gázok, egy vizet tartalmazó mosóüvegen át, a szellőző csőbe lépnek. Észrevehettük, hogy a mosó üveg vize jóval korábban zavarodott meg a kén kiválása folytán, mint a száraz, nagy ballon. Itt könnyebben történt a két gáz kölcsönös fölbomlása és gyorsabban, a minék egyik főoka az, hogy a folyamatban keletkező víz ez esetben folyós állapotot nyert, míg a ballonban gáz állapotban vált ki; a mosóvízben végbemenő folyamat melegtermelése nagyobb, mint a ballonban történő.

A legnagyobb munka elvét látjuk tehát kivétel nélkül érvényesülni mind e folyamatokban.

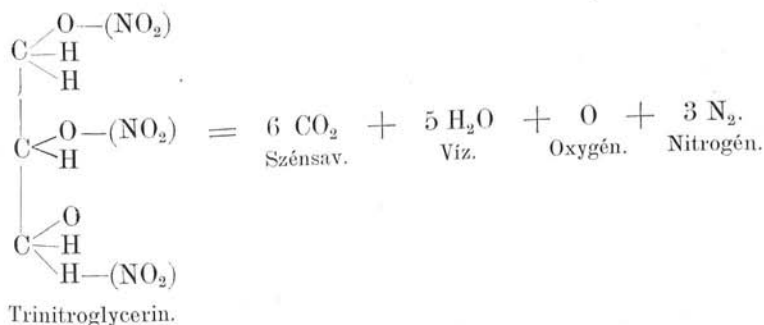
Hatalmunkban áll azonban gyakran, a kísérleti körülményeknek megfelelő megválasztása által, vegyi folyamatokat bizonyos ponton megakasztani, mielőtt a legnagyobb munka elvégeztetett volna általuk. A testrendszerek, a melyek vegyi folyamatok megakasztásának

eredményei, a munkaképesség egy bizonyos, és pedig igen különböző nagyságú fokával bírhatnak. Bizonyos testrendszereket rendkívül magas munkaképességgel láthatunk el. A szerves vegyek között találunk könnyen ilyeneket. A szerves testek legnagyobb része Salétromsav által kellő körülmények között teljesen elégethető Szénsavvá és vízzé; ez oxydációkban a legnagyobb munka elve érvényesül. De sikerülhet e testeknek csak részleges elégetése is, és pedig nem oly értelemben, hogy a test moleculáinak egy része égettetik el teljesen, egy másik része meg változatlanul marad, hanem akként, hogy a részleges oxydáció valamennyi moleculára egyformán terjed ki s a moleculák valamennyien a totalis elégetés föltételeivel láttatnak el, a mely aztán rohamosan, rendkívül rövid idő, egy másodperc század- vagy ezred-része alatt is bekövetkezhetik, a midőn a teljes elégetést megindító speczialis körülmények meg vannak adva. A teljes elégetés föltételeivel bíró testrendszerek égési melege akkor egyszerre szabadul föl s légnemű égési terményeik térfogata, feszítő ereje a meleg nagy quantumából rendkívül megnövesztve, felette nagy mechanikai munka momentán elvégzésére van képesítve.

Ezen viszonyokkal találkozunk az explosiv természetű, a robbanó anyagoknál. A közönséges gyapotot vagy Glycerint Salétromsavval teljesen ellehet égetni Szénsavvá és vízzé, de megfelelő körülmények között meg lehet akadályozni e folyamatot s minden molecula alkatrészeiből csak néhány atomot, a könnyen elégtő Hydrogén néhány atomját elégetni s az elégett Hydrogén helyére a moleculákba az oxydáló szer, a Salétromsav alkotó elemeit betelepíteni, oly moleculákat létesítve ekként, melyek a pillanatnyi, teljes elégetés föltételeivel rendelkeznek:



Igy keletkezik a gyapottól a lőgyapot, a Glycerinből a Trinitroglycerin, a Dynamitnak hatásos anyaga. Minden moleculája a lőgyapotnak, a Trinitroglycerinnek bír a pillanatnyi teljes elégetés föltételeivel :



A molecula terén belül, egymással kapcsolatban, vagy közvetlen szomszédságban állnak az öldöklő elemek, a pusztításra készen minden perczen, midőn az intést megkapják. A molekulák megrázkódtatása, előidézve ütés vagy akár csak egy erősebb hanghullám által, a melyet például egy kis gyutacs elrobbanása előidéz, elegendő, hogy labilis egyensúlyi állapotukat véglegesen megzavarja. A lánczokba erőszakolt legnagyobb munka elve, félelmetes dörgéssel szilánkokra zúzza lánczait, egy pillanat alatt juttatva győzelemre akarátát.

Explosív természettel bírnak mindazon testrendszerek is, a melyeknek képződése energiafölvétellel jár, tehát az endothermes vegyületek.

Az Acetylen-ben találkoztunk ilyennel. Az Acetylen meggyujtható ugyan veszély nélkül, nyugodtan elég, de egy gyutacs elrobbanása által fölkellett hanghullám lökését nem bírja el, nagy erővel elrobban. Így elrobban az Ozon is, mely az Oxigénből szintén energiafölvétellel keletkezik. Az elrobbanás némely explosív vegynél olykor a legcsekélyebb rázkódás, finom tollpohely érintése által is előidézhető. Ilyen felette explosív anyag a Jódnitrogén, mely csak nedves állapotban érinthető meg veszély nélkül. Papírlapokra nedvesen reákenhetjük, de mihelyt megszárad, még tollal sem érinthető

meg, a nélkül, hogy hevesen elrobbanjon. E szita tetején van belőle egy kevés, a meleg teremben már megszáradt; hosszú pálcza végére erősített tollszárral érintem meg — egy villanás, egy csattanás, s ibolya színű felhőbe dobattak szét a Jód moleculái.

Mekkora energia jön működésbe ilyen folyamatoknál!

*

Az energia-viszonyoknak számbeli meghatározha tásaáltal találta meg a vegyrokonság tana azon szilárd alapot, a melyen a mathematikai chemia oszlopcsarnoka fog fölépülni. A kezdet megtörtént, az alapkövek közül már több a maga helyén van, az oszlopok kifaragásának munkája megindult.

* * *

M. t. k.

Fejlődő félben van még a chemia. Hová fog még vezetni, mily most még elnempézelhető eredményeket fog egykor létesíteni. Az a jövő titka! Nagy átalakulásokat várhatnak mindenesetre a jövő generációk. Oly átalakulásokat, melyek hivatottaknak látszanak új alapokra fektetni a társadalmat. Biztosan előrelátható, hogy talán már nem is a messze jövőben, az anyagi élet legfontosabb eszközei, a megélhetés zsöközei, a tápanyagok is chemiai úton lesznek előállíthatók. Nem a búzaszem, a burgonya, a hús, a tej, hanem azon alkatrészeik, a melyek a tulajdonképeni tápanyagokat képezik: a czukor, a zsírok, a fehérnyék. Az igazi czukor mesterséges előállítása valószínűen még e század vívmányai közé fog tartozni. A zsírok synthezise követni fogja ezt, legutoljára maradnak a fehérnyék.

Nem surrogatumok lesznek ezek, hanem a természetes tápanyagokkal minden tulajdonságaikban megegyezők, azokkal teljesen azonos testek. Miképen fog majd alakulni az élet, ha nem a föld, nem az állatország, hanem az emberi ész, s az emberi kéz munkája fogja szolgáltatni a tápszereket?

Most a könnyen és nagy quantumokat termelő Amerika, hatalmas közlekedési eszközök birtokában, mindinkább dominálja terményeivel a piacot, s első nemzetnek küzdi föl magát; akkor azon

nemzet foghat a föld népeinek élére állni, a melynek tudománya fogta megoldani a nagy synthesisek titkát.

Csodálattal kell eltelnünk valóban az emberi szellem képességeinek nagysága iránt, de alázattal kell egyszersmind beismernünk, hogy az emberi szellem: hódító hatalma egy bizonyos határon túl nem mehet. Betekintünk a moleculák csodás országába, atómkokat elválaszthatunk s rendező kézzel számtalan világrendszert alkothatunk a mikrokosmosban, megmérhetjük az atomok vonzásának erejét, s öntudatosan céljainkra használhatjuk föl, de a magyarázat a mit a természettüneményekről nyerhetünk, mégis mindig meddő marad, lelkünket teljesen kinemelgítő. A legegyszerűbb tüneménynél ott áll az óriási kérdőjel: *M i é r t ?* Hogy az Oxygén a Hydrogénnel vízzé egyesül, mert ennyi meg ennyi nagyságú vonzás nyer az egyesülés által kielégítést, ennyi meg ennyi helyzeti erő szabadul föl, azt tudjuk, de meg van-e ez által ezen tünemény teljesen magyarázva? Tudjuk-e annak okát adni, hogy miért nyilvánít az Oxygén ilyen erélyt a Hydrogén irányában, miért mást egy más elem irányában? Honnan van az, miből ered, hogy az atomok egyáltalán olyan magatartást tanúsítanak egymás irányában, mint a minőt közöttük észlelünk? Ki adja meg erre a feleletet? S mennél mélyebbre hatolunk a természet világába s mennél elfogulatlanabb szemmel analysáljuk jelenségeit, nemcsak az úgynevezett holt anyagon, de ép oly mérvben, sőt még inkább az élő szervezetek világában, annál több és nagyobb kérdőjellel, annál több ma és örökké megoldhatatlan ténnyel találkozunk.

Az emberi szellem hatalma véges, korláthoz kötött. Azon a korláton túl megszűnik a tudás, fölváltja a hit.

De nem egy ábrándos, pusztá sejtelem a végokról, nem egy — magára emberikéz alkotta bilincseket rakó — hit, mely a Talmud, a Kórán, a Biblia traditióiból, geniális proféták legendáiból, túlvilági megnyilatkozásokból meríti erejét, hanem a lélek legbensőbb szükségéből kiinduló, szilárd, megingathatlan *m e g g y ő z ő d é s : Van Isten a természetben!*

Mély alázattal meghajlik az igazi természetbúvár, a meggyőződés boldogító érzésével, a természetben megnyilatkozó, felfoghatatlan, de létező végok előtt. Nevezze végoknak, építőnek, Istennek, a szó, a név ugyanazt az egyet jelenti előtte.

Így lesz a természettudomány, mely az anyagi világ tüneményeivel foglalkozik, megteremtője az élő hitnek, és visszaadja a kételkedő léleknek a féltudás vakmerő elbizottsága által megtámadott és megingatott békét és bizalmat.

Ápoljuk a természettudományt, mert a megnyugvás boldogító szellemét árasztja magából, a bizalmat sorsunkhoz, a lélek igazi szabadságát!