

Stosunek między wagą atomową a ciepłem właściwem pierwiastków stałych. Podwojenie wag atomowych wielu metali. Ciepło właściwe ciał złożonych stanowi poparcie dla nowych wag atomowych. Ciepło właściwe chloru, azotu, tlenu i wodoru w związkach stałych wyprowadzone z obliczenia. Ocenienie wielkości atomu i wielkości cząsteczki oparte na przemianach chemicznych. Obecne znaczenie pojęcia ilości równoważnych.

**W**aga atomowa i waga cząsteczkowa metali nie dają się ustanowić na zasadach w poprzednim rozdziale wyłożonych, gdyż największa część metali ulatnia się w tak wysokich temperaturach, że niepodobna jest oznaczyć ciężaru właściwego ich pary przez doświadczenie. Niektóre metale wydają wprawdzie związki stosunkowo łatwo lotne; oznaczenie ciężaru właściwego-pary tych związków prowadzi do oznaczenia ich wagi cząsteczkowej, ale z wagi cząsteczkowej związków tylko w tych razach można wyprowadzać jakieś wnioski co do wagi atomowej samych metali, jeżeli wszystko przemawia za t $\acute{e}$ m, że w danym związku znajduje się jeden atom metalu. Tak na przykład ciężar właściwy pary chlorku cyny przekonywa, że waga cząsteczkowa tego związku jest 260, odpowiada więc formule:  $\text{Sn}_2\text{Cl}_4$ , dwa razy większ $\acute{e}$ j od używan $\acute{e}$ j dotąd  $\text{SnCl}_2$ . Ponieważ nie ma żadnego powodu do przypuszczania, że w chlorku cyny znajduje się wic $\acute{e}$ j jak jeden atom samego metalu, wic $\acute{e}$  z wagi cząsteczkowej tego związku można wyprowadzić prawdopodobny wniosek, że dotychczasowa waga atomowa cyny powinna być podwojona i że cyna jest pierwiastkiem czteroatomowym. Dane jednak tego rodzaju s $\acute{a}$  niedość pewne i w wielu razach dla braku związków lotnych niemożliwe do osi $\acute{a}$ gni $\acute{e}$ cia. Lepsze daleko kryteria do ocenienia s $t o s u n k o w \acute{e}$ j wagi atomowej metali, podały nam prace *Dulonga* i *Petit*, a nast $\acute{e}$ pnie *Regnaulta*, *Neumanna* i *Koppa* nad ciepłem właściwem ciał stałych.

Oddawna ju $\acute{z}$  *Dulong* i *Petit* zauważyli, że współczynniki wyrażające ciepło właściwe pewnych pierwiastków w stanie stałym, s $\acute{a}$  w odwrotnym stosunku do ich wag atomowych, czyli że iloczyny powstałe z pomnożenia tych współczynników przez wagi atomowe stanowią liczbę stałą.

Jeżeli przyjmujemy dawne wagi atomowe, to otrzymujemy dwa różne iloczyny; dla jednych pierwiastków mniej więcej od 6 — 6,7 dla drugich od 3 — 3,3. Do ostatnich należą wszystkie te pierwiastki, których wagi atomowe ze względu na ciężary właściwe ich pary, lub pary ich związków lotnych, podwojoneby być powinny. I tak:

Nazwa ciała.	Ciepło właściwe.	Waga atomowa.	Iloczyn.
Jod	0,0541	127	6,87
Brom (w stanie stałym)	0,0843	80	6,74
Fosfor	0,1887	31	5,85
Arsen	0,0814	75	6,10
Antymon	0,0508	122	6,20
Bismut	0,0308	210	6,47
Potas	0,1655	39,1	6,63
Sod	0,2934	23	6,47
Lityn	0,9403	7	6,59
Srebro	0,05701	108	6,15
Złoto	0,0324	197	6,38
zaś			
Siarka	0,2026	16	3,24
Selen	0,0762	39,7	3,63
Tellur	0,0475	64	3,04
Magnez	0,2499	12	3,00
Glin	0,2143	13,5	2,89
Żelazo	0,1138	28	3,19
Mangan	0,1217	27,5	3,35
Kobalt	0,1067	29,4	3,13
Nikiel	0,1092	29,4	3,21
Cynk	0,0956	32,6	3,11
Kadm	0,0567	56	3,18
Miedź	0,0952	31,7	3,02
Ołów	0,0314	103,5	3,25
Cyna	0,0562	59	3,32
Rtęć (w stanie stałym)	0,0319	100	3,19
Tal	0,0336	102	3,42
Molibden	0,0722	48	3,46
Wolfram	0,0334	92	3,08
Platyna	0,0324	98,7	3,20
Iryd	0,0326	99	3,22
Ród	0,0580	52,2	3,03
Pallad	0,0593	53,3	3,16.



Na zasadzie powyższych stosunków między ciepłem właściwem a wagą atomową, wypada podwoić wagi atomowe wszystkich metali z wyjątkiem: potasu, sodu, litynu, cezu, rubidu, srebra, złota i bizmutu <sup>1)</sup>. Przy podwojeniu wag atomowych tych metali, iloczyny wypadające z pomnożenia współczynników ciepła właściwego przez wagi atomowe, będą dla wszystkich niemal pierwiastków jedne i te same — w przecięciu 6,4.

Prawidłowość ta gdyby była ogólną, dowodziłaby że ciepło właściwe atomów czyli tak zwane *ciepło atomowe* jest jednakowe dla wszystkich pierwiastków, czyli że podniesienie temperatury jednego atomu ciała pojedynczego o jednaką ilość stopni, wymaga zawsze jednakowej ilości ciepła, bez względu na to, jaka jest tego atomu natura chemiczna i waga. Nadmienić wszakże należy, że trzy pierwiastki stałe, mianowicie węgiel, bor i krzem stanowią wyjątek od powyższej prawidłowości. Węgiel ani w stanie dyamentu, ani w stanie grafitu, ani w stanie węgla roślinnego nie ma takiego ciepła właściwego, któreby pomnożone przez jego wagę atomową ( $G = 12$ ) dawało iloczyn blizki sześciu. Węgiel wreszcie ma ciepło właściwe różne w tych trzech stanach fizycznych. Jako dyament ma ciepło właściwe 0,147, jako grafit blizko 0,200, jako węgiel bezkształtny 0,24. Ta ostatnia liczba pomnożona przez wagę atomową, daje iloczyn blizki trzech. Bor i krzem okazują również w stanie bezkształtnym, grafitowym i krystalicznym odmienne ciepło właściwe, ale różnice te są znacznie mniejsze jak przy węglu. Iloczyn z pomnożenia ciepła właściwego przez wagę atomową wypada dla boru skryształizowanego 2,5, dla krzemu skryształizowanego 4,6. O możliwej przyczynie tych anomalii pomówimy niżej.

Prawidłowość dla największej liczby pierwiastków wyżej wskazana, powtarza się podług nowszych doświadczeń <sup>2)</sup>, przy porównaniu między sobą ciepła właściwego i wag atomowych wielkiej liczby związków chemicznych. Pojawia się ona wszakże tylko wtedy, jeżeli formuły tych związków pisane są podług nowych zasad, to jest z uwzględnieniem nowych wag atomowych i ciężarów właściwych pary. Jeżeli iloczyn powstały z pomnożenia wagi atomowej związku przez jego ciepło właściwe, zostanie podzielony przez liczbę atomów w związku zawartą, to iloraz wynosić będzie od 6 — 6,7. Pojedyncze więc atomy zachowują w związkach swe

<sup>1)</sup> Arsen i antymon liczymy do ciał niemetalicznych. Wagi ich atomowe pozostają niezmiennione.

<sup>2)</sup> Mamy tu na myśli szczególnie piękne prace *Koppa*, ogłoszone w „Annalen der Chemie und Pharmacie. III Supplementband 1864 i 1865.“



ciepło właściwe. Z pomiędzy wielkiej liczby zbadanych pod tym względem związków przytaczamy tylko kilka przykładów:

Nazwa związku	Wzór.	Waga atomowa.	Ciepło właściwe.	Iloczyn.	Ilość atomów.	Poraz.
Siarek srebra	$\text{Ag}_2\text{S}$	248	0,0746	18,5	3	6,17
Jodek rtęci	$\text{HgJ}$	327	0,0395	12,9	2	6,45
Jodnik rtęci	$\text{HgJ}_2$	454	0,0420	19,1	3	6,36
Trójsiarek antymonu	$\text{Sb}_2\text{S}_3$	340	0,0907	30,8	5	6,01
Chlorek barytu	$\text{BaCl}_2$	208	0,0896	18,64	3	6,21
Chlorek wapnia	$\text{CaCl}_2$	111	0,1642	18,22	3	6,07
Chloroplatynian potasu	$\text{PtK}_2\text{Cl}_6$	488,6	0,113	55,2	9	6,13
Chlorek potasu	$\text{KCl}$	74,6	0,171	12,9	2	6,45

Pierwsze cztery związki z dopiero co przytoczonych, złożone są z pierwiastków stałych, takich zatem, których ciepło właściwe w stanie wolnym jest nam znane i zgodne z tém, jakie z obliczenia dla każdego atomu w związku zawartego wypada. Drugie cztery związki są chlorkami. Ciepło właściwe chloru w stanie stałym oznaczyć się nie daje, bo chlor jest gazem, którego w stan stały przeprowadzić nie umiemy. Ciepło właściwe związków jego wykazuje wszakże, że chlor nie stanowi wyjątku od prawidłowości przez *Dulonga* i *Petit* wskazanej.

Jeżeli w ten sam sposób jak ciepło właściwe chloru, spróbujemy wyprowadzić ciepło właściwe dla innych pierwiastków gazowych z ciepła właściwego ich związków, odliczając po 6,4 dla każdego atomu pierwiastku stałego, to z obliczenia wielkiej liczby związków okazuje się, że iloczyn powstały z pomnożenia ciepła właściwego przez wagę atomową czyli ciepło atomowe, wypada zgodne z prawidłowością *Dulonga* i *Petit* jeszcze i dla azotu, niezgodne zaś dla tlenu (= 4,9), dla fluoru (= 5) i dla wodoru (= 2,3).

Tak więc trzy pierwiastki stałe (węgiel, bor i krzem) i trzy pierwiastki gazowe (tlen, wodór i fluor), odstępują znacznie od prawidłowości *Dulonga* i *Petit*. Wypadek ten nie podlega żadnej wątpliwości, jako stwierdzony na wielkiej liczbie związków. Przyczyny tej anomalii dotąd nie znamy i niemamy odpowiednich danych do zrobienia dostatecznie prawdopodobnego pod tym względem przypuszczenia, jednak nie możemy pominąć interesujących uwag, jakie się z tego powodu nastęrczają.

Uważamy w obecnym stanie nauki za pierwiastki, wszystkie te ciała, które się żadnym ze znanych nam sposobów, rozłożyć dalej nie dają. Pierwiastki nasze mogą być jednak, jak łatwo pojąć, ciałami złożonemi, mogą być związkami małej liczby ciał prostych. Gdyby prawidłowość przez *Dulonga* i *Petit* wskazana była ogólną, to fakt taki nie dawałby wprawdzie jeszcze pewności, że wszystkie pierwiastki nasze, są rzeczywiście ciałami pro-



stemi, ale dawałby przynajmniej pewność, żeśmy w sztuce rozkładania związków doszli do jednakięj wszędzie głębokości, to jest do związków jednego i tego samego rzędu. Wyjątek, jaki od tęg prawidłowości przedstawiają niektóre z pierwiastków, prowadzi do możliwego przypuszczenia, że pierwiastki nasze nietylko są ciałami złożonemi, ale ciałami różnęg komplikacyi, że te których ciepło atomowe okazuje się najmniejszém jak węgiel i wodór, są związkami mniej skomplikowanemi, od takich jak krzem i tlen, a te mniej jeszcze od wszystkich tych pierwiastków, które okazują zgodność z prawidłowością *Dulonga* i *Petit*, i które prawdopodobnie są związkami jednego rzędu.

Widzieliśmy z tablic wyżęj podanych, że iloczyny wynikające z pomnożenia ciepła właściwego przez wagę atomową, były tylko przybliżenie lecz nie ściśle te same dla ciał, któreśmy jako posiadające jednakowe ciepło atomowe przyjęli. Tęg niezupełnęg zgodności iloczynów dziwić się nie należy, ze względu na różne wpływy zakłócające, które do kładnemu oznaczeniu ciepła atomowego na przeszkodzie stają. Wpływy te zakłócające objawiają się przy oznaczeniu obu czynników w rachunek wchodzących, tak wagi atomowęg jak i współczynnika ciepła właściwego. Że oznaczenie wagi atomowęg pierwiastków podlegać musi pewnym niedokładnościom, wiadomém jest każdemu chemikowi, który ilościowemi w tym celu rozbiorami się zajmował; liczby wyrażające wagi atomowe są w wielu razach tylko przybliżenie ścisłemi. Podobnież i przy oznaczeniu ciepła właściwego niepodobném jest wykluczyć wszystkie okoliczności, na wypadek doświadczenia wpływ wywrzeć mogące. I tak, liczby wyrażające ciepło właściwe zawierają w sobie nietylko ilość ciepła do ogrzania danego ciała potrzebną a przy oziębieniu oddaną, ale i ilość ciepła potrzebną do jego rozszerzenia a wydzieloną przy jego skurczeniu. Temperatura i gęstość danego ciała wywiera także pewien, chociaż bardzo mały wpływ na wypadek doświadczeń, a niepodobna badać wszystkich ciał w odpowiednich warunkach temperatury (szczególnięj z powodu różnego punktu topliwości) i gęstości. Ciała dziurkowate ogrzewają się przy zetknięciu z cieczą, która służy do ich oziębienia; ilość wywiązanego przez to ciepła wpływa także na osiągnięte wypadki; prawdopodobnie z tęg przyczyny ciepło właściwe węgla roślinnego, znalezione zostało znacznie wyższém od ciepła właściwego węgla w stanie dyamentu. Nadmienić wreszcie należy, że liczby ciepła atomowego wyprowadzone z samego obliczenia, jak naprzykład te, które podaliśmy dla tlenu i wodoru, mniej jeszcze są pewne, niż liczby z bezpośredniego doświadczenia osiągnięte. Liczby te bowiem obliczone są w przypuszczeniu, że reszta pierwiastków danego związku ma ciepło ato-



mowe średnie 6,4; na liczbach tych więc skrupiają się wszystkie błędy ze spostrzeżeń dla reszty pierwiastków wynikłe.

To cośmy w dwóch ostatnich rozdziałach powiedzieli wskazuje, jakiego rodzaju względy ze stanowiska własności fizycznych, przemawiają za nowymi wagami atomowymi i nowymi wzorami, które otrzymują się po największej części przez podwojenie pewnej liczby dawnych wag atomowych i dawnych wzorów. Zobaczmy teraz, że i zachowanie chemiczne różnych związków prowadzi nas do tych samych wniosków, jeżeli porównamy ze sobą przemiany zupełną analogią przedstawiające.

Zastanowimy się naprzód nad temi reakcjami, które przemawiają za podwojeniem wag atomowych niektórych pierwiastków, które zatem prowadzą nas do wniosków co do wielkości atomu, a następnie nad przemianami, które pozwalają wyprowadzać wnioski co do wielkości cząsteczki danych pierwiastków lub związków.

Na zasadzie stosunku wagi atomowej do ciężaru właściwego pary i do współczynnika ciepła właściwego, podwoiliśmy poprzednio wagi atomowe tlenu i siarki, pozostawiliśmy niezmienionymi wagi atomowe chloru, bromu i jodu. Porównajmy odpowiednie związki tych pierwiastków.

Wiadomo, że wszystkie tlenki metali dają z wodą wodany, których wielką część wyrazić można wzorem ogólnym  $MO, HO$ . Podobnież znamy siarkowodany  $MS, HS$ . Tak wodany, jak i siarkowodany są związkami bardzo trwałymi. Nie znamy zaś dotąd ani chloro, ani bromo, ani jodowodanów. Związki te nie dają się otrzymać. Tak naprzykład:

znane są  $KO, HO$  i  $KS, HS$

nieznane  $KCl, HCl$ ;  $KBr, HBr$ ;  $KJ, HJ$

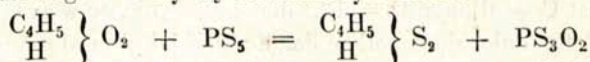
Fakt ten naprowadza na domniemanie, że dwa atomy tlenu w wodanie potażu, stanowią właściwie jeden tylko atom, jedną niepodzielną całość, która spaja dwa różne atomy potasu i wodoru. Wzór wodanu potażu w takim razie byłby  $\left. \begin{matrix} K \\ H \end{matrix} \right\} \Theta$ , wzór siarkowodanu potasu  $\left. \begin{matrix} K \\ H \end{matrix} \right\} S$ , a wzór chlorku potasu pozostanie  $KCl$ .

Wyraźniej występują te różnice między odpowiedniami związkami tlenu i siarki z jednej strony, a chloru, bromu i jodu z drugiej, przy porównaniu związków organicznych. Tak np. alkohol odpowiada wodanowi potażu, jest to  $(C_4H_5) O, HO$  czyli  $\left. \begin{matrix} C_4H_5 \\ H \end{matrix} \right\} \Theta$ ; znamy także związek  $C_4H_5S, HS$  zwany merkaptanem, ale nie znamy związku  $C_4H_5Cl, HCl$ , chociaż tak chlorek etylu jak i kwas solny z łatwością otrzymać się dają. Znamy

związek  $(C_4H_5O_2)O, HO$ — jest to kwas octowy, znany związek  $(C_4H_5O_2)S, HS$ — jest to kwas siarkooctowy, ale nie znamy związku  $(C_4H_5O_2)Cl, HCl$ ; chlorek acetoilu i kwas solny nie łączą się z sobą.

Porównajmy teraz niektóre reakcje odpowiednich związków tlenu lub siarki, z reakcjami związków chloru na przykład:

Jeżeli alkohol zwyczajny poddamy działaniu pięciosiarku fosforu, to dwa atomy tlenu zawarte w alkoholu, zostaną zastąpione przez dwa atomy siarki i obok tego utworzy się tlenosiarczyk fosforu:

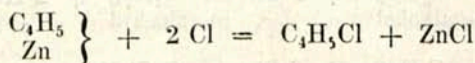
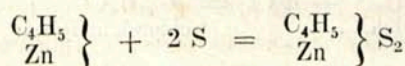
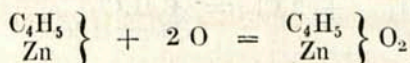


Jeżeli alkohol poddamy działaniu pięciochlorku fosforu zamiast pięciosiarku fosforu, to oba atomy tlenu zawarte w alkoholu również zostaną zastąpione przez chlor, ale grupa nie utrzyma się w całości i rozpadnie się na dwie części, na chlorek etylu i kwas solny:

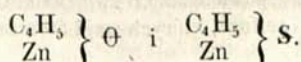


Dwa atomy tlenu w alkoholu, dwa atomy siarki, które za nie wstępują, utrzymują grupę w całości, bo są one właściwie jednym atomem. Przeciwnie, przy wstąpieniu chloru za tlen grupa się rozpada, bo te dwa atomy chloru są rzeczywiście dwoma atomami.

Jeszcze piękniej wykazuje te różnice, zachowanie rodnika odkrytego przez *Franklanda*, a znanego pod nazwą *cynketylu*. Rodnik ten mający skład:  $C_4H_5Zn$ , łączy się bezpośrednio z tlenem, z siarką, z chlorem i z bromem. Rezultat działania tych pierwiastków na cynketyl wyrażają następujące wzory:



Różnice te w zachowaniu znajdują swe wytłumaczenie naturalne w tém, że związki utworzone działaniem tlenu i siarki są właściwe:



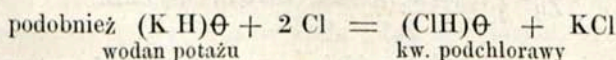
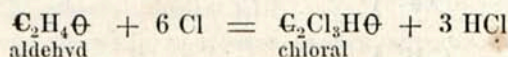
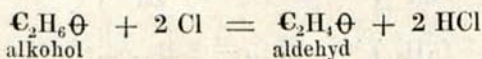
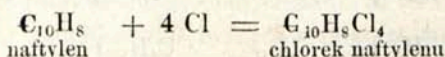
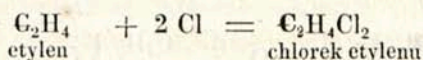
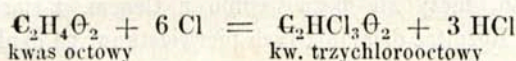
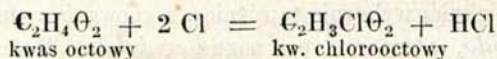


W żadnym ze związków organicznych dobrze zbadanych nie napotyamy wreszcie jednego (dawniejszego) atomu tlenu lub siarki, lub nieparzystej liczby atomów tych pierwiastków, co także za podwojeniem ich wag atomowych przemawia. Zobaczymy później, że eter zwyczajny, któremu dawano dawniej wzór  $C_4H_5O$  powinien być wyrażony wzorem  $C_8H_{10}O_2$  czyli  $\left. \begin{matrix} C_4H_5 \\ C_4H_5 \end{matrix} \right\} \Theta$  \*).

Największa część chemików podwaja podobnie i wagę atomową węgla, i zamiast  $C = 6$  pisze  $G = 12$ , dlatego jedynie, że w związkach organicznych nie dało się napotkać dotąd mniej jak dwa atomy węgla lub nieparzystą liczbę atomów węgla.

Zobaczymy teraz, jakiego rodzaju przemiany pozwalają nam wyprowadzać wnioski o wielkości cząsteczki danego pierwiastku lub związku. Przypominamy, że cząsteczką nazwaliśmy tę ilość najmniejszą danego ciała, która może istnieć w stanie wolnym, która zatem przy przemianach chemicznych w działanie wchodzi.

Jeżeli na przykład zwrócimy uwagę na działanie chloru na rozmaite związki organiczne, spostrzeżemy, że nigdy mniej jak dwa atomy chloru nie wchodzi w działanie, a jeżeli większa liczba atomów chloru przy jakiej przemianie jest czynną, to liczba ta jest zawsze parzystą. I tak:

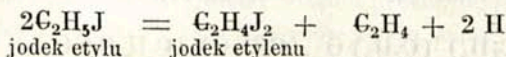
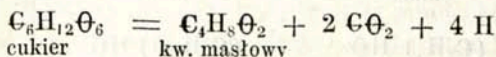
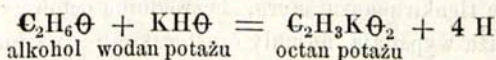


\*) Wszystko, co wyżej powiedziano o związkach tlenu i siarki, da się zastosować do związków seleny i tellury, których wagi atomowe również podwojone być winny.

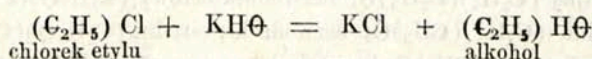
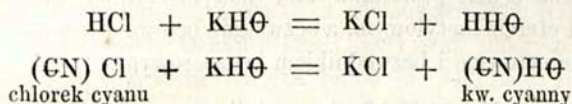


Najmniejsza więc ilość chloru jaka w działanie wchodzi, składa się z dwóch atomów.

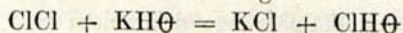
Tak samo rzecz się ma z wodorem:



Porównajmy jeszcze następujące przemiany:



W tych wszystkich wypadkach tworzy się chlorek potasu i związek, który można uważać za powstały z wodoru potażu w ten sposób, że na miejsce potasu wstąpił rodnik, który był z chlorem połączony. Jeżeli zastanowimy się teraz nad działaniem wolnego chloru na woda potażu:

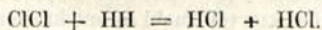


to widzimy, że formuła ta jest zupełnie symetryczną, że chlor zachowuje się jak chlorek wodoru, chlorek cyanu, chlorek etylu, chlorek acetoilu w powyższych formułach, że zachowuje się jak chlorek chloru.

Z wszystkich tych przemian wynika prawdopodobny wniosek, że najmniejsza ilość chloru w stanie wolnym czyli cząsteczka chloru, składa się z dwóch atomów \*).

Do oznaczenia wielkości formuły cząsteczkowej służyć może jeszcze istnienie tak zwanych związków pośrednich. Tak np. ponieważ woda

\*) Przy takiem zapatrywaniu, wielka liczba spraw chemicznych, które dotychczas jako łączenie się przez zsumowanie uważane były, pojąć się daje jako podwójna wymiana. Tak np. łączenie się chloru z wodorem uważać można za wymianę wzajemną:



potażu jest pośrednim między wodą i tlenkiem potasu, alkohol między wodą i eterem, kwas octowy między wodą i bezwodnikiem octowym, szczawian kwaśny potażu między kwasem szczawiowym i szczawianem obojętnym; przeto dla tlenku potasu, eteru, bezwodnika octowego, szczawianu obojętnego potażu wypadają formuły cząsteczkowe dwa razy większe od tych, jakie im dawniej dawano:

HHθ woda	HHθ woda	HHθ woda	HH (C <sub>2</sub> θ <sub>4</sub> ) kw. szczawiowy
KHθ woda potażu	(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) Hθ alkohol	(C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> θ) Hθ kw. octowy	HK (C <sub>2</sub> θ <sub>4</sub> ) szczawian potażu kwaśny
KKθ tlenek potasu	(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) (C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) θ eter	(C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> θ) (C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> θ) θ bezwodnik octowy	KK (C <sub>2</sub> θ <sub>4</sub> ) szczawian potażu

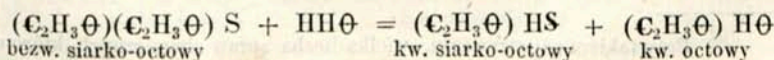
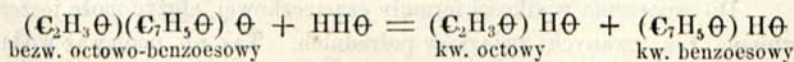
Tak samo będzie pośrednim eter metylo-etylowy między eterem zwyczajnym i eterem metylowym, a bezwodnik octowo-benzoesowy, między bezwodnikiem octowym i bezwodnikiem benzoesowym:

eter zwyczajny (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)(C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)θ; bezwodnik octowy (C<sub>2</sub>H<sub>3</sub>θ)(C<sub>2</sub>H<sub>3</sub>θ) θ  
eter pośredni (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)(CH<sub>3</sub>)θ; bezwodnik pośredni (C<sub>2</sub>H<sub>3</sub>θ)(C<sub>7</sub>H<sub>5</sub>θ) θ  
eter metylowy (CH<sub>3</sub>)(CH<sub>3</sub>)θ; bezwodnik benzoesowy (C<sub>7</sub>H<sub>5</sub>θ)(C<sub>7</sub>H<sub>5</sub>θ) θ.

Istnienie eterów pośrednich służyć może za dowód, że cząsteczka eteru jest  $\left. \begin{smallmatrix} \text{C}_2\text{H}_3 \\ \text{C}_2\text{H}_5 \end{smallmatrix} \right\} \theta$  (= dawniejszemu C<sub>8</sub>H<sub>10</sub>O<sub>2</sub>) a nie C<sub>4</sub>H<sub>5</sub>O, a istnienie bezwodników pośrednich za dowód, że cząsteczka bezwodnika octowego jest  $\left. \begin{smallmatrix} \text{C}_2\text{H}_3\theta \\ \text{C}_2\text{H}_5\theta \end{smallmatrix} \right\} \theta$  (= dawniejszemu C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O<sub>6</sub>) a nie C<sub>4</sub> H<sub>3</sub> O<sub>3</sub> \*).

Rozkład bezwodnika octowego działaniem wody wyobrażać musimy formułą:

(C<sub>2</sub>H<sub>3</sub>θ) (C<sub>2</sub>H<sub>3</sub>θ) θ + HHθ = (C<sub>2</sub>H<sub>3</sub>θ) Hθ + (C<sub>2</sub>H<sub>3</sub>θ) Hθ  
(a nie dawniejszą: C<sub>4</sub>H<sub>3</sub>O<sub>3</sub> + HO = C<sub>4</sub>H<sub>3</sub>O<sub>3</sub>, HO), gdyż bezwodnik octowo-benzoesowy rozkłada się rzeczywiście na kwas octowy i benzoesowy, a bezwodnik siarko-octowy na kwas octowy i kwas siarko-octowy. Rozkłady te są symetryczne:



\*) Żeby przejść od nowych formuł do dawnych, trzeba tylko podwoić liczbę atomów tych pierwiastków, których znaki są przekreślone.



Teraz, kiedy już zyskalismy jasne pojęcie o tém co nazywamy atomem i cząsteczką, i na zasadzie jakiego rodzaju danych fizycznych i chemicznych wyprowadzamy wnioski co do wielkości względnej atomów i cząsteczek, zastanówić się winniśmy w krótkości nad pojęciem równoważnika (*equivalent*), które dotychczas tak często mieszane było z pojęciem atomu.

Równoważnemi, lub lepiej równoznaczącemi nazywamy dziś takie ilości, które mogą sprawić jednaki skutek chemiczny. Równoznaczącemi więc będą te ilości kwasów, które zobojętnią jedną i tę samą ilość danej zasady. Równoznaczącemi będą te ilości zasad, które zobojętnią jedną i tę samą ilość danego kwasu. Tak np. jeden atom kwasu fosforowego jest w stanie zobojętnić trzy atomy wodoru potażu; do zobojętnienia tej samej ilości potażu, potrzeba trzech atomów kwasu solnego, saletrzanego, octowego i t. p.; jeden więc atom kwasu fosforowego jest równoważny czyli równoznaczący z trzema atomami kwasów: solnego, saletrzanego, octowego. Różnica między atomem a równoważnikiem jest tu wyraźna. Podobnież jeden atom tlenku żelaza ( $\text{FeO}$ ) może zobojętnić jeden atom kwasu azotowego; jeden atom tlenniku żelaza ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) może zobojętnić trzy atomy kwasu azotowego, jeden więc atom tlenniku żelaza jest równoważny w tym względzie z trzema atomami tlenku żelaza. Jeżeli np. porównamy ze sobą tlenek rtęci ( $\text{Hg}_2\text{O}$  i potaż KO), to widzimy, że względnie do ilości tlenu z którą się te dwa pierwiastki łączą, dwa atomy rtęci są równoważne z jednym atomem potasu; jeżeli zaś porównamy tlenik rtęci ( $\text{HgO}$ ) i potaż (KO), to widzimy że jeden atom rtęci sprawia tu ten sam skutek chemiczny, co jeden atom potasu, czyli że jest równoważny z jednym atomem potasu. O ilościach więc równoważnych mówić można tylko względnie do pewnych oznaczonych przypadków, gdyż ilości te są zmienne, stosownie do natury związków i rodzaju przemian, nad którymi się zastanawiamy.