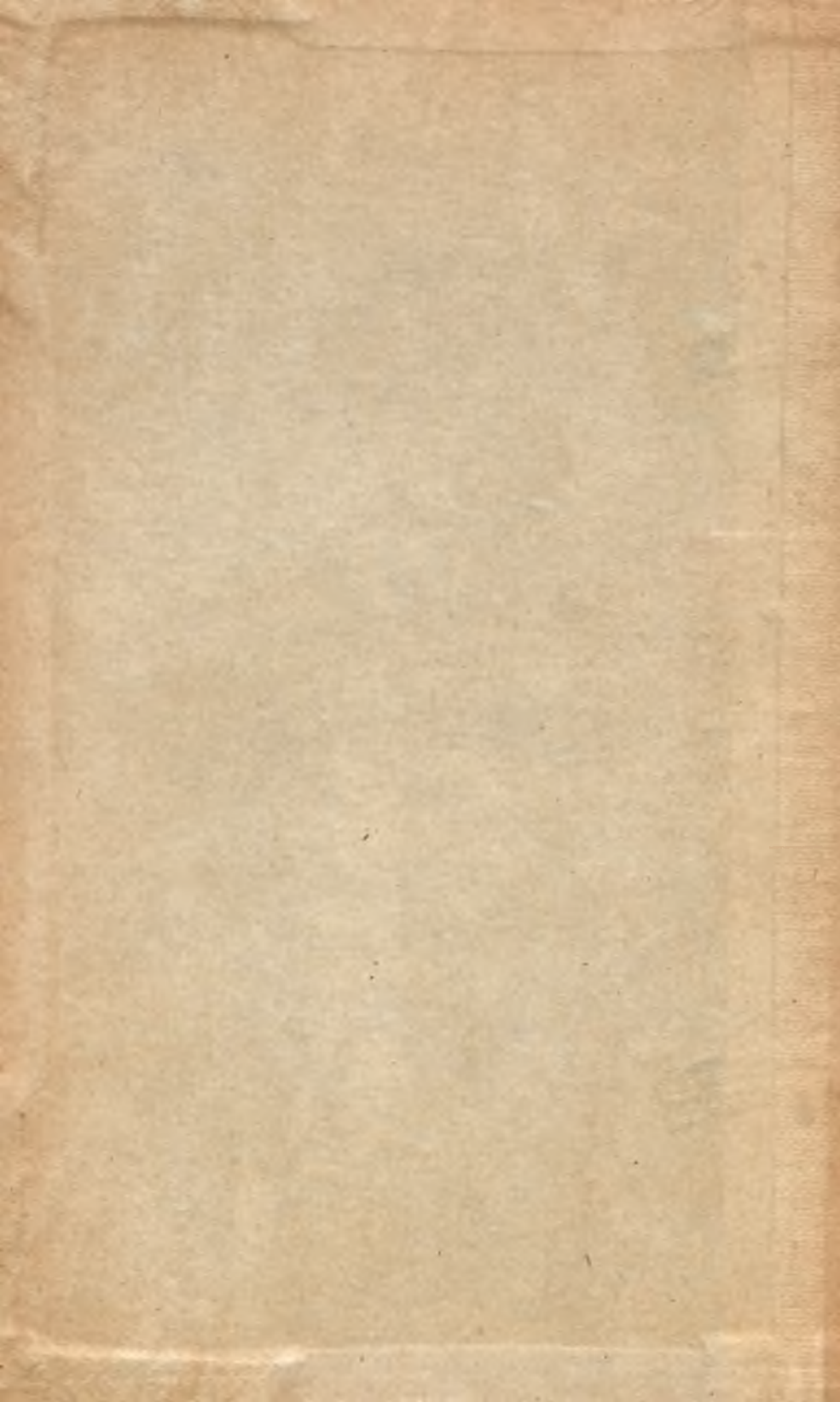
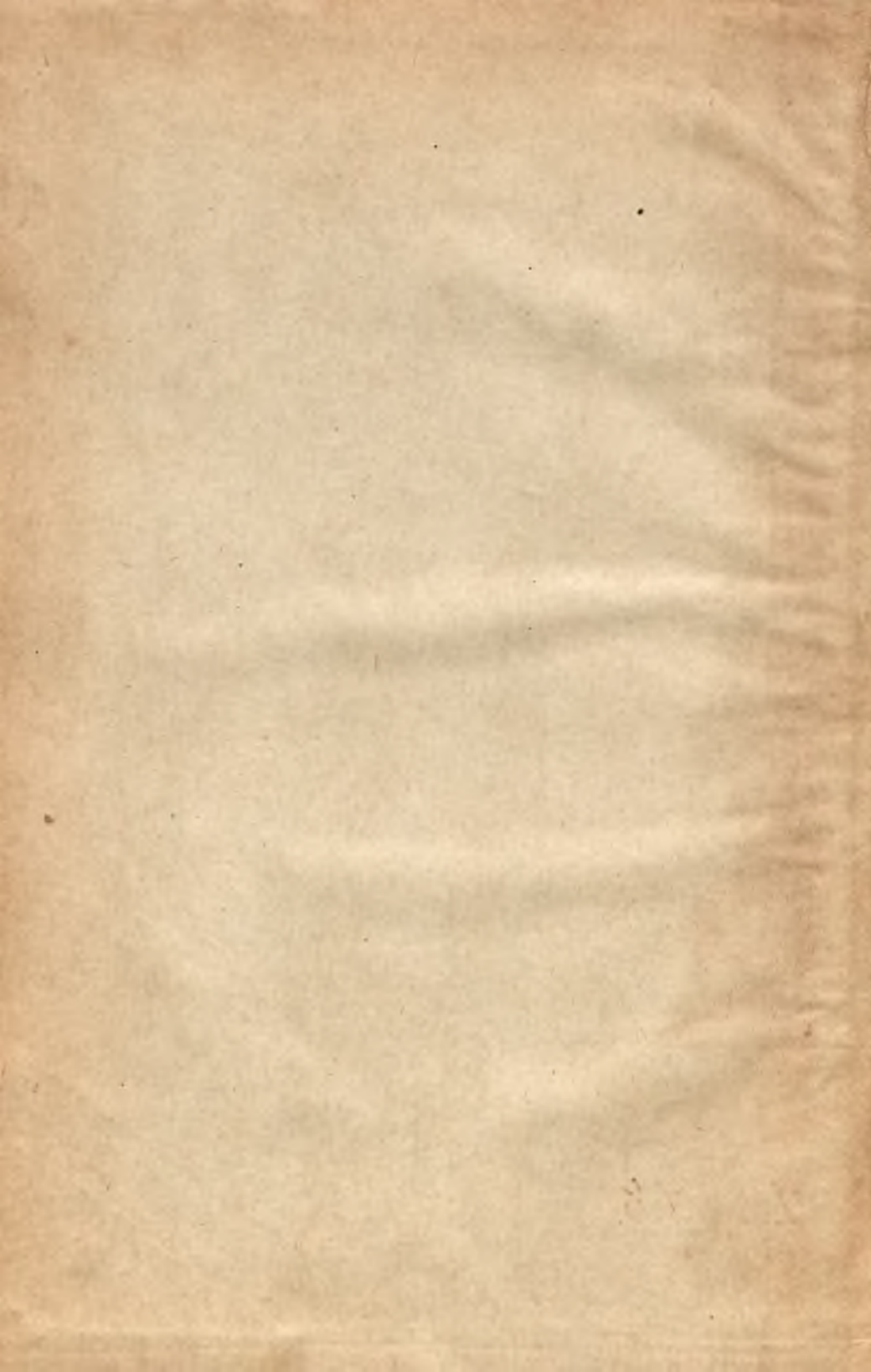


Biblioteka im. Hieronima
Łopacińskiego w Lublinie

17978







AUGUST WILHELM HOFMANN.

WSTĘP

DO

NOWOCZESNÉJ CHEMJI.

PRZEŁOMACZYŁ

z piątego wydania niemieckiego

ZA UPWAŻNIENIEM AUTORA

LUDWIK MASŁOWSKI.

Wydanie
Cena 3 zła. 50 kr.

KRAKÓW.

Nakładem Adolfa Dygasińskiego.

1875.

19978
B.P. im. Ł.



1800084211

410



43544

AUGUST WILHELM HOFMANN.



720

WSTĘP

DO

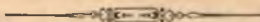
NOWOCZESNÉJ CHEMJI.

PRZETŁOMACZYŁ

z piątego wydania niemieckiego

ZA UPOWAŻNIENIEM AUTORA

LUDWIK MASŁOWSKI.



KRAKÓW

Nakładem Adolfa Dygasińskiego.

1875.



54

W drukarni dra L. Gumpłowicza pod zarządkiem Stanisława Gralichowskiego.

Wstęp do nowoczesnej chemji.

Woda — rozkład jój za pomocą potasu i sodu — wywiązujący się wód. — Główne własności wodu — jego objętościowy ciężar. — Inne źródła wodu. — Kwas chlorowodowy (kwas solny) i amoniak — zagęszczone w wodzie — wywiązane jako gazy. — Osuszanie gazów. — Główne własności kwasu chlorowodowego i amoniaku. — Rozkład ich za pomocą potasu i sodu. — Oddzielenie wodu. — Przyrządy chemiczne. — Zwyczajny sposób otrzymywania wodu.

Wiadomo wszystkim, że są metale, jak np. złoto i srebro, które zanurzone w wodę, nie zmieniają jój; a nawet przy zwykłej temperaturze, możemy w nią zanurzyć cynk, żelazo, miedź lub cynę, i woda się wcale nie zmieni. Istnieją wszelako metale, co działają inaczej.

W dalszym ciągu opiszę wam sposoby, za pomocą których zdołano z popiołu drzewnego wydobyć pewien metal, potasem zwany; z soli zaś kuchennej inny metal, zwany sodem. Oba te metale, stykając się z wodą, działają na nią nadzwyczaj gwałtownie. Kulka potasu (fig. 1 str. 2), rzucona na nią, zapala się, syczy i ślizga się po jój powierzchni, płonąc mocno fioletowem światłem i wydając białawy dym, pobudzający do kaszlu, — aż wreszcie lekko wybuchu i znika. Przy tém kulka taka pęka i we wszystkie strony rozpryskuje drobne kawałki gryzącego ciała, co zniewala, że dla bezpieczeństwa, doświadczenie to robimy w głębokiem szklaném naczyniu, przykrytém taflą szklaną.

Sód zachowuje się podobnie, wszelako nie tak energicznie, gdyż jedynie w ciepłej wodzie zapala się i płonie żółtym światłem. Wprawdzie zapala się i w zimnej, ale wówczas tylko, gdy wstrzymamy ruch toczącej się jego kulki po powierzchni wody. Najłatwiej to otrzymać w następujący sposób: — bierze się kawałek bibuły, roztacza się na powierzchni wody i zamacza się głównie środkową jej część, na którą upuszcza się przygotowaną kulkę metalu; metal porusza się zwolna, po chwili zapala się, płonie wydając dym, szczypiący w oczy, wreszcie rozpala się do czerwoności, staje się przezroczystym, a po

Fig. 1.



kilku jeszcze minutach unoszenia się na wodzie, wybucha i . . . znika. Równocześnie i bibuła się przedziurawia.

W obu razach woda nabiera gryzącego, ługowatego smaku i zarazem własności zmieniania barw roślinnych, na które czysta woda nie oddziałuje; i tak n. p. żółty kurkumowy papier przybiera barwę ciemną; zaczerwieniony zaś lakmusowy wraca do niebieskiej barwy.

Ale cóż się stało z potasem i sodem, które jakby znikły stykając się z wodą i przestały istnieć jako metale? Jakięż zmianie uległa też i woda, gdy nabrała ługowatego smaku i poczęła oddziaływać na barwy, na które poprzednio nie oddziaływała?

Odpowiedź na te pytania, polegająca na wyłomaczeniu szczególnych przemian, jakim ulegają własności materji, należy do umiejętności, chemją zwanęj. Pochodzenie tego wyrazu jest dość ciemne; niektórzy wyprowadzają go od *Χημια*, starodawniej nazwy Egiptu, gdzie najpierw jakoby zwrócono uwagę na owe tajemnicze przemiany materji.

Wykłady nasze mamy zatem poświęcić badaniu objawów, stanowiących dziedzinę chemji; rozpocznijmy więc od doświadczenia, które tylko co wykonaliśmy i zbadałmy uderzającą przemianę wody pod wpływem potasu i sodu.

W tym celu biorę szklany cylinder, wypełniam go wodą, przykrywam otwór kawałkiem szkła, a obróciwszy dnem do góry, ustawiam w czarce, zwanéj wanienką chemiczną (fig. 2), do której także nalałem wody. Za pomocą podstawki ustawiam cylinder w ten sposób, że chociaż częściowo zanurzony w wodę, nie dotyka



Fig. 2.

jednak dna wanienki, a pomimo że obrócony jest dnem do góry, słup wody utrzymuje się w nim skutkiem ciśnienia powietrza. Przymocowawszy cylinder, wrzucam do wody kawałek

sodu — mógłbym również użyć potasu, lecz że działa zbyt gwałtownie, więc wolę sód — a przykrywszy go drucianą siatką, wygiętą w kształcie łyżeczki, podsuwam pod otwór cylindra (fig. 3). Natychmiast wywiązują się bezbarwne bańki gazu, — zbierają się

Fig. 3.



pod siatką, — zwolna okrążają jej brzegi, a wstępując do cylindra, unoszą się do góry, wypychając zawartą w nim wodę. Zdarza się też czasami, że kulka taka wymknie się z pod łyżeczki i dostanie się do cylindra; lecz po chwilowém unoszeniu

się na powierzchni znika, wywiązując obfitą ilość gazu. Zużywszy zaś trzy lub cztery takie kuleczki sodu, wypełnimy gazem cały cylinder.

Możemy wprawdzie przyspieszyć wywiązanie się gazu, używając zamiast czterech małych, jednej dużej kulki sodu, lecz działanie wówczas jest tak silne, że łatwo może nastąpić niebezpieczny wybuch. Chcąc temu zapobiedz i zarazem otrzymać większą ilość gazu, postępujemy zwykle w ten sposób, że każdą kuleczkę sodu obwijamy siatką mosiężną, i kilka, sześć do ośmiu takich kuleczek rzucamy do wody, przykrywając je blaszaną łyżką, podziurawioną na wzór sita. Tym sposobem możemy nawet i dość duży cylinder wypełnić odrazu gazem.

Fig. 4.



Wszakże i pomimo tych środków ostrożności należy się wystrzegać, żeby zbyt dużych kawałków nie wpuszczać naraz do wody. Najbezpieczniej jest, jeżeli będą cokolwiek mniejsze od zwykłego ziarnka grochu.

Otwór wypełnionego gazem cylindra taflą szklaną zamykamy z dołu, następnie wyjmujemy cylinder z wody, a obróciwszy go, ustawiamy na stole (fig. 4). Gaz, któryśmy otrzymali, nazwano wodem. Jestto ciało bezbarwne, przezroczyste, nie mające ani woni, ani smaku, podobne do powietrza, lecz różne od niego co do własności. Możemy bowiem wód zapalić i wówczas płonie zwolna bezświecącym płomieniem, zniżającym

się stopniowo aż do dna cylindra. Lecz chcąc go zapalić, należy szklaną taflę wtedy dopiero zdjąć z cylindra, kiedy przytkniemy płomień do jego otworu (fig. 5); bo jeżeli ją pierwiej zdejmujemy i zostawimy cylinder parę chwil otworem, gaz uleci, a miejsce jego zajmie powietrze. Można wprawdzie zostawić gaz i w otwartym cylindrze, ale należy przewrócić go dnem do góry. W takim

Fig. 5.

razie może gaz zachować się ze 20 a nawet i więcej minut w cylindrze, o czém możemy się przekonać, przytykając zapaloną świecę do jego otworu. Możemy również gaz ten przelać z jednego cylindra do drugiego. W tym celu bierze się próżny cylinder, a obróciwszy go otworem na dół, nastawia się nad



strumieniem gazu, wydajającym się z cylindra obróconego otworem do góry (fig. 6).— Z chyżości, z jaką wód uchodzi z otwartego cylindra, wnioskujemy, że dana jego objętość jest lżejszą od takiej samej objętości powietrza. Wniosek ten potwierdziły dokładne doświadczenia, które wykazały, że ciężary równych objętości wodu i powietrza mają się do siebie w takim stosunku jak 1 : 14,438, to jest że powietrze jest prawie $14\frac{1}{2}$ razy cięższe od wodu.

Fig. 6.



Odmierzanie i ważenie ciał lotnych wymaga pewnych środków ostrożności, o których w dalszym ciągu pomówimy obszerniej. Tutaj zaś nadmienimy tylko, że objętość każdego gazu zależy od temperatury i ciśnienia, jakiemu gaz ulega. Dlatego też, chcąc porównać ciężary równych objętości rozmaitych gazów, należy przedewszystkiém oznaczać je przy tych samych warunkach temperatury i ciśnienia.

Ze wszystkich znanych nam dotychczas gazów, wód jest najlżejszy. Dlatego to ciężar pewnej, jakiegokolwiek jego objętości wzięto za jednostkę do porównywania ciężaru takiejże objętości innych gazów. Ciężar ten, oznaczony przy tych samych warunkach temperatury i ciśnienia, nazwano gatunkowym albo właściwym ciężarem gazu. My zaś, pozwolimy sobie tymczasowo nazwać go jeszcze ciężarem objętościowym. A zatem, przyjmując ciężar objętościowy wodu za jednostkę, możemy powiedzieć, że ciężar objętościowy czyli też gatunkowy powietrza jest 14,438; ponieważ zaś gęstość dwóch gazów ma się do siebie — rzecz naturalna — w tym samym

Fig. 7.



stosunku co ciężar ich objętości, więc owa cyfra 14,438 wyznacza zarazem i gęstość powietrza.

Ale nie tylko z wody możemy przy pomocy potasu lub sodu otrzymać wód; bo używając tych metali otrzymamy go także i z innych ciał jak np. z kwasu chlorowodowego lub amoniaku, — dwóch cieczy znanych już oddawna i wyrabianych na wielką skalę w celach przemysłowych.

Czysty kwas chlorowodowy inaczej solnym zwany, jest ciałem lotnym, podobnie jak wód lub powietrze. Ciecz zaś, zwana również kwasem i będąca przedmiotem handlu, jest właściwie wodą, w której ten gaz rozpuszczono. To też

ogrzewając ją, możemy napowrót otrzymać ów gaz. Bierze się w tym celu zwykłą kolbę szklaną, wypełnia się ją do połowy tą cieczą i zatyka korkiem, mającym dwie dziurki: przez jedną przesuwa się szklaną rurkę, której dolny koniec sięga prawie aż do dna kolby, gdy tymczasem górny, zakończony w kształcie lejka, służy do dolewania cieczy; przez drugą zaś przetyka się również szklaną rurkę, zgiętą pod kątem prostym, lecz której koniec dosięga zaledwie do połowy szyjki kolby. Przez tę to zgiętą rurkę, kolankową zwaną, ma uchodzić gaz, wydalający się z ogrzewanej cieczy.

Lecz gaz ten obciążony jest jeszcze parą wodną, której się pozbyć należy; w tym celu przeprowadzamy go przez ciało, chciwie pochłaniające wszelką wilgoć. Takim ciałem jest popolicie znany w przemyśle witryol, przez chemików kwasem siarkowym zwany. To odwodnienie gazu (fig. 7 str. 6) odbywa się w naczyniu, wypełnioném kawałkami pumeksu, zwilżonemi kwasem siarkowym. Naczynie zatyka się również podwójnie przedziurawionym korkiem. Przez ten korek przechodzą dwie szklane rurki kolankowe; z tych jedna złączona z rurką kolby, przez którą gaz uchodzi, sięga aż do dna naczynia; gdy tymczasem druga, daleko krótsza, prowadzi bezpośrednio do rurki przewodniój. Wywiązujący się gaz w kolbie dochodzi zatem aż do dna faszki osuszającej, a zetknawszy się z kwasem, pozbawia się wilgoci, dostaje się do góry i uchodzi zupełnie już suchy przez rurkę przewodnią, która swym dolnym końcem zanurzona

Fig. 8.



w wanienkę rtęciową, sięga aż do cylindra, obróconego dnem do góry. Tak otrzymany kwas chlorowodowy jest bezbarwnym, przezroczystym gazem, dającym się z łatwością odróżnić od wodu jak i od powietrza. Zapalić go bowiem nie możemy, a wypuszczony w wilgotném powietrzu tworzy białe obłoczki (fig. 8). Jeżeli cylinder zawierający kwas chlorowodowy, wstawimy do wody i odejmiemy taflę szklaną, przykrywającą go z dołu, to słup wody wzniesie się w cylindrze

i wypełni go (fig. 9), jak gdyby był zupełnie próżny. Kwas bowiem rozpuści się w wodzie i wytworzy ową ciecz, z której go dopiero zdołaliśmy wywiązać. Dla dopełnienia charakterystyki tego kwasu dodać winniśmy, że tak w stanie lotnym jak

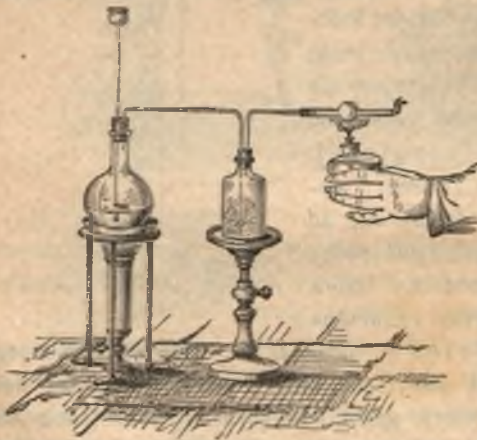
Fig. 9.



i rozpuszczony w wodzie oddziaływa silnie na barwy roślinne, zamieniając n. p. niebieską barwę lakmusa na czerwoną. Doświadczenie to robi się zazwyczaj w ten sposób, że papierek napojony lakmusem zanurza się w kwas chlorowodowy.

Chcąc się przekonać, że kwas chlorowodowy pod wpływem potasu lub sodu wydała z siebie wód, należy cokolwiek zmienić dopiero co opisany przyrząd; odjąć mianowicie rurkę przewodnią a w miejsce jej nasunąć inną, wyrobioną ze szkła trudno topliwego i zakończoną nadzwyczaj delikatnym otworem. W środku rurka ta jest wydęta w bańkę,

Fig. 10.



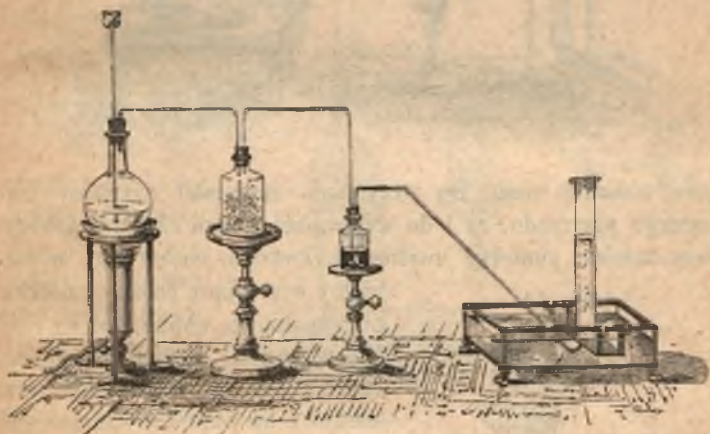
w której metal ma się znajdować. Skoro więc metal — przypuścimy że potas — zetknie się z kwasem chlorowodowym, natychmiast okryje się białą skorupą, a jeżeli do tego będziemy go ogrzewali na lampie spiritusowej, stopi się i spłonie fioletowym

pląmieniem. Równocześnie wywiąże się i wód, który przy ujściu rurki zapalić można (fig. 10).

To samo doświadczenie możemy wykonać z sodem, tylko że sód potrzebuje daleko wyższej temperatury. Wprawdzie

chcąc je uprościć, możemy zamiast czystego sodu użyć jego roztworu w rtęci, zwanego amalgamem sodu, który się otrzymuje albo przez silne ucieranie obu metali w porcelanowym moździerzu, przyczém metale te rozgrzewają się i wydają niekiedy światło, łączą się z sobą; albo też ogrzewa się zleпка rtęć w szklaném naczyniu, kawałki zaś sodu osadzone na stalowych pręcikach zanurza się w nią jak najgłębiej i trzyma się dopóty, dopóki nie nastąpi lekkie syczenie, będące oznaką łączenia się tych metali. Robiąc to doświadczanie na wielką skalę, należy je wykonywać pod dobrze ciągnącym kominem, przez który mogłaby uchodzić para rtęciowa, jak wiadomo, bardzo szkodliwa dla zdrowia.

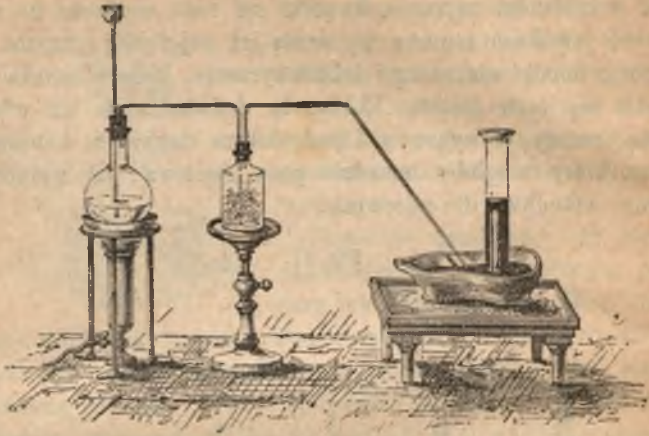
Fig. 11.



Ponieważ sól w tym roztworze jest bardzo rozdrobniona — (bierze się zazwyczaj część sodu na 200 części rtęci) — więc styka się równocześnie w wielu punktach z gazem, skutkiem czego kwas chlorowodowy rozkłada się już przy zwykłej temperaturze. Dlatego też zamiast rurki z bańką możemy nawet użyć zwykłej flaszki, wypełnionej amalgamem sodu. Gaz uchodzący z metalu jest wodem, i możemy go albo zapalić przy ujściu rurki przewodniej, albo też zebrać pod wodą (fig. 11). Że zaś jest wodem łatwo się o tem przekonać, badając jego własności.

Czysty amoniak, również jak kwas chlorowodowy, jest ciałem lotnym; ciecz zaś, zwana w handlu amoniakiem, jest wodą, w której ten gaz zgęszczono. Woda ta, zlekka nawet ogrzana, wydała gaz, dający się z łatwością rozpoznać po

Fig. 12.



swój niemiłej woni. Do otrzymania amoniaku używamy tego samego przyrządu, co i do wywiązania kwasu chlorowodowego; lecz zamiast pumeksu zwilżonego kwasem siarkowym, wypełniamy osuszającą flaszkę kawałkami wypalonego wapna, które z równą chciwością pochłania parę wodną. Dlatego zmieniamy kwas siarkowy na wapno, wytłomaczymy to w dalszym ciągu.

Fig. 13.



Bezbarwny, przezroczysty gaz, wydalaający się z flaszki, zawierającej wapno, jest czystym suchym amoniakiem, który możemy zebrać w cylindrze, wywróconym nad wanienką rtęciową (fig. 12), gdyż w wodzie zagęszcza się jeszcze silniej niż kwas chlorowodowy (fig. 13).

Gaz amoniaku różni się od wodu tém, że się nie zapala, jakotóż że się rozpuszcza w wodzie i że wydaje niemiłą woń;

obie te własności odróżniają go od powietrza. Od kwasu zaś chlorowodowego odróżnia się pomimo woni jeszcze i t \acute{e} m, że nie oddziaływa na niebieskie barwy roślinne i że wypuszczony w wilgotn \acute{e} m powietrzu nie tworzy białych obłoczków. Charakterystyczną zaś cechą amoniaku jest to, że zarówno w stanie ciekłym jak i lotnym niektóre czerwone barwy roślinne zmienia na niebieskie. I tak np. papierek lakmusowy, który od kwasu chlorowodowego przybrał barwę czerwoną, pod wpływem amoniaku odzyskuje pierwotną swę niebieską barwę.

Chcąc otrzymać wód z działania potasu lub sodu na amoniak, wykonywamy doświadczenie w tym samym przyrządzie, co i z kwasem chlorowodowym (fig. 14); przycz \acute{e} m nadmienić wypada,

że używamy chętniej potasu, gdyż działa energiczniej aniżeli sód. Skoro metal stopi się, powleka się ciemno-zieloną powłoką i wywiązuje wód, który zapalić można przy ujściu rurki. Jeżeli zaś chcemy gaz zebrać, napełniamy zwykły

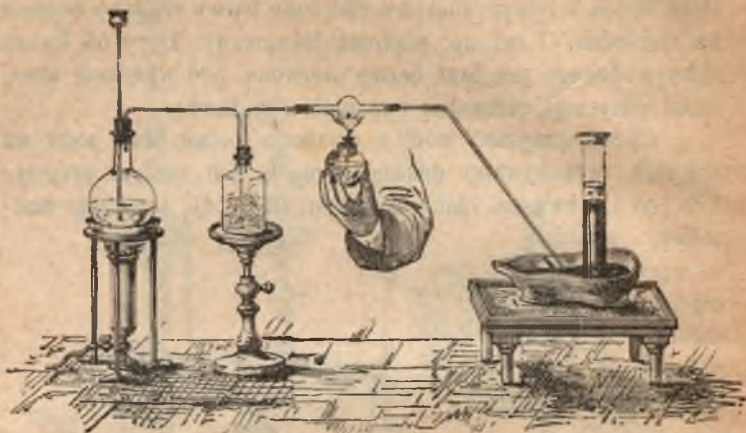
Fig. 14.



szklany cylinder do połowy rtęcią, dopełniamy go wodą, a przewróciwszy dnem do góry, ustawiamy w waniencie rtęciowej. Wówczas gaz, uchodzący przez rurkę przewodnią (fig. 15 str. 12), dostaje się do cylindra, przechodzi najpierw przez rtęć, a następnie przez wodę, która go pozbawia amoniaku, w razie gdyby się nie był zupełnie rozłożył pod działaniem potasu. Cylinder wypełniamy częściowo rtęcią z tego względu, że gdybyśmy rurkę przewodnią zanurzyli bezpośrednio w wodę, to niewielka ilość amoniaku, która zawsze ujść może z pod rozkładającego wpływu potasu, dostawszy się do wody i zagęszczając się w niej gwałtownie, mogłaby podnieść j \acute{e} j słup w rurce

przewodniej, a dociągnawszy go aż do szklanej bańki, gdzie się rozkład amoniaku odbywa, stać się przyczyną niebezpiecznego wybuchu. Wprawdzie i temu możemy zapobiedz, ustawiając między bańką, gdzie się znajduje potas, a rurką prze-

Fig. 15.



wodnią, małą flaszkę, zawierającą rtęć wspólnie z wodą; wówczas i nad wodą możemy gaz zebrać.

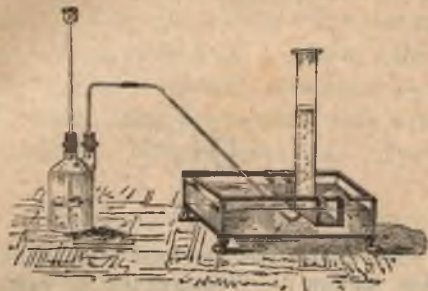
Rozebrane przez nas sposoby otrzymywania wodu działaniem potasu i sodu na kwas chlorowodowy, amoniak i wodę, nie są ani najprostsze, ani najtańsze; to też opisaliśmy je jedynie tylko dlatego, że dały nam poznać niektóre ważne cechy powyżej wspomnianych ciał. Chemicy zaś, chcąc otrzymać wód w wielkiej ilości, używają zazwyczaj innej metody, — opierając się na tém, że kwas chlorowodowy pod wpływem rozdrobionego cynku wywiązuje obficie wód, który przy ujściu z naczynia zapalić nawet możemy (fig. 16). Biorą więc w tym celu dwuszyjną flaszkę, złączoną z rurką przewodnią i wypełnioną częściowo kawałkami cynku, a zatkawszy ją korkiem, wlewają za pomocą lejka kwas chlorowodowy: — gaz się wywiązuje, uchodzi przez rurkę

Fig. 16.



przewodnią i zbiera się w cylindrze wywróconym dnem do góry w chemicznej wanience (fig. 17). Zamiast kwasu chlorowodowego można także używać kwasu siarkowego, rozcieńczonego wodą; ten ostatni sposób jest nawet korzystniejszy, bo tańszy.

Fig. 17.



Wszelako wszystkie te metody mają obecnie dla nas pod-
rzedną tylko wartość i rozbierzemy je obszerniej w dalszym
ciągu niniejszego dzieła. Dopieśliśmy bowiem naszego celu,
skorośmy wykazali doświadczalnie, że pod wpływem potasu
i sodu wywiązuje się wód z trzech, zupełnie różnych ciał,
z kwasu chlorowodowego, z amoniaku i z wody.



II.

Oddziaływanie prądu elektrycznego na kwas solny, wodę i amoniak. — Elektroliza kwasu solnego. — Wywiązywanie się wodu i chloru razem. — Oddzielenie chloru. — Ważniejsze własności chloru. — Ponowne utworzenie kwasu solnego z wodu i chloru, — stąd nazwa: kwas chlorowodowy. — Analiza i synteza. — Elektroliza wody. — Wywiązywanie się wodu i tlenu. — Oddzielenie tlenu. — Ważniejsze jego własności. — Wydzielenie tlenu z wody za pomocą chloru. — Ponowne utworzenie wody z wodu i tlenu. — Elektroliza amoniaku. — Wywiązywanie się wodu i azotu. — Oddzielenie azotu. — Ważniejsze własności azotu. — Wydzielenie azotu z amoniaku za pomocą chloru. — Niemożebność odtworzenia amoniaku ze składających go pierwiastków. — Dowód uboczny, iż amoniak składa się jeno z wodu i azotu. —
Ciała pierwiastkowe i złożone. — Tablica pierwiastków.

W uprzednim wykładzie przekonaliśmy się, że w skutek działania rozmaitych metali na kwas solny, amoniak i wodę można z ciał tych otrzymać wód; wykazemy zaś teraz, że można wywiązać go także za pomocą elektryczności.

W rzędzie licznych i bardzo ważnych własności elektrycznej siły jedno z pierwszych miejsc zajmuje niezaprzeczenie ta własność, że elektryczność może wzniecać w ciałach przemiany, które, gwoli tego, cośmy mówili powyżej, jako procesy chemiczne uważać powinniśmy.

Wszelako już z góry zastrzedz się musimy, że ani badanie elektryczności, ani też opisywanie przyrządów służących do wywiązywania elektrycznej siły, nie wchodzi w zakres naszego

badania. Szczupłe ramy niniejszego dzieła doprawdy nie pozwoliłyby nam wkroczać w dziedzinę innej przyrodniczej nauki, mianowicie w dziedzinę fizyki, zwłaszcza, że badanie tej umiejętności w logicznie usystematyzowanym wykształceniu iść zawsze powinno wprzód niż studjowanie chemji. Możemy więc śmiało przypuszczać, że czytelnik jest dostatecznie oznajomiony z fizycznymi siłami i z prawami, które niemi rządzi. Jednakże chcąc uniknąć częstych powtarzań i opisów, które w dalszym ciągu tamowałyby tylko swobodne rozwijanie się naszych rozumowań, pozwalamy sobie przypomnieć parę wyrazów i nazw, te przedewszystkiem, których niechybnie używać będziemy musieli.

Przyrząd, którym posługiwać się będziemy w celu wywiązywania siły elektrycznej, nazywa się stosem, lub baterją. Przyrząd ten zaopatrzony jest w dwa metalowe druty, po których właśnie wywiązana siła, czyli prąd elektryczny postępować będzie; druty te nazywamy biegunowymi drutami, a ich końce, gdzie działanie prądu na jaw występuje, biegunami albo elektrodami. W każdej baterji oznaczają jeden biegun jako dodatni, drugi zaś — jako ujemny. W baterji, którą posługiwać się będziemy w naszych badaniach, a która się składa z ogniw cynku i węgla, biegunem dodatnim jest drut idący od węgla, a biegunem ujemnym drut idący od cynku. Atoli ponieważ biegunowe druty zanurzane bywają niekiedy w ostrą gryzącą ciecz, przeto ich końce są zwykle wyrobione z ciał takich, które mało ulegają zepsuciu, jak np. platyna lub węgiel.

Po tém krótkim objaśnieniu przejdźmy teraz do zbadania pokolei zmian jakie prąd elektryczny wywołuje w kwasie solnym, w wodzie i w amoniaku, co tém bardziej uczynić winniśmy, że zjawiska, które teraz dostrzegać będziemy, rzucą nowe światło na przyrodę tych ciał, cokolwiek znanych już nam z poprzedniego.

Jeżeli biegunowe druty wyż opisanj baterji (złożonej z 2^{ch} do 4^{ch} ogniw cynku i węgla), zakończone cienką platynową blaszką, zanurzymy w zgęszczony kwas solny (fig. 18 str. 16), dostrzeżemy natychmiast jak ku powierzchni roztworu poczną się wznosić drobne gazowe bańki, i jak ciecz zacznie wydalać

jakaś wyłączną uduszającą woń. Bańki te gazowe zebrać możemy; wystarczy na ten cel użyć do doświadczenia małego cylindra szklanego, zaopatrzonego w korek, przez który przetkniemy znaną nam rurkę kolankowatą i oba biegunowe druty. Przystrojony aparat w ten sposób można następnie owe bańki gazowe, które się wywiązywać będą na skutek działania

Fig. 18.



elektryczności, zebrać w zwykłym cylindrze, wywróconym dnem do góry, a wypełnionym letnią wodą (fig. 19). Wszelako baczyc należy, aby doświadczenie to wykonywać przy rozproszonym świetle; pod wpływem bowiem skupionych promieni sło-

Fig. 19.



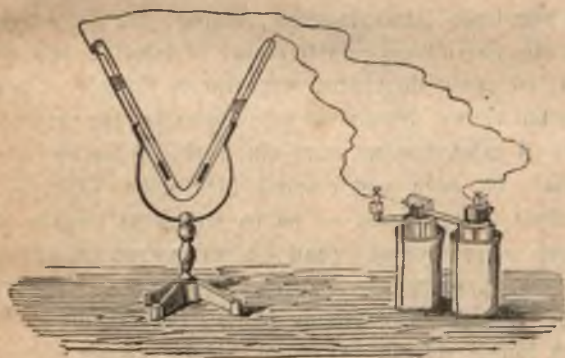
necznych gaz ten ulega znacznej zmianie, o której w dalszym ciągu mówić będziemy.

Gaz otrzymany w ten sposób można zapalić, a okoliczność ta, że on płonie, przywodzi nam zaraz na myśl znany już nam gaz wodu; jednakże gwałtowność tego płomienia, jakoteż dziwna woń, która się przytém roznosi w powietrzu, świadczy

o obecności jakiegoś innego ciała, którego dotychczas jeszcze nie poznaliśmy. Obecność innego gazu zdradza się prócz tego i t \acute{e} m tak \acute{z} e, \acute{z} e wywi \acute{a} zuj \acute{a} ca si \acute{e} mieszanina gazowa ma w \acute{l} asno \acute{s} c \acute{e} odbarwiania przedmiot \acute{o} w. Kawa \acute{l} ek, b \acute{a} d \acute{z} b \acute{l} ękitnego, b \acute{a} d \acute{z} czerwonego lakmusowego papieru, zwil \acute{z} ony wod \acute{a} , traci pod wplywem t \acute{e} j gazowej mieszaniny natychmiast sw \acute{a} barw \acute{e} . Je \acute{z} eli u \acute{z} yty do do \acute{s} wiadczenia kwas solny zabarwimy przedt \acute{e} m na niebiesko przez dodanie kilku krope \acute{l} roztworu indygo, barwa ta zniknie odk \acute{a} d gaz wywi \acute{a} zywa \acute{c} si \acute{e} pocznie. Wiemy za \acute{s} z poprzedniego, \acute{z} e czysty w \acute{o} d nie oddzia \acute{l} ywa bynajmniej na ro \acute{s} linne barwy.

Z kolei rzeczy wypada nam tedy zbada \acute{c} w \acute{l} asno \acute{s} c \acute{e} tego gazu, kt \acute{o} ry jest z wodem zmieszany, a na ten cel musimy

Fig. 20.



go oddzieli \acute{c} i zebra \acute{c} w osobnym naczyniu, — co t \acute{e} z \acute{l} atwo skutecznie \acute{m} o \acute{z} emy. Widzimy bowiem, \acute{z} e ba \acute{n} ki gazowe podejmuja \acute{s} si \acute{e} od obydw \acute{o} ch biegun \acute{o} w; to naprowadza nas na my \acute{s} l, \acute{z} e trzeba bieguny te tak ustawi \acute{c} , a \acute{z} eby wywi \acute{a} zuj \acute{a} ce si \acute{e} gazy zbiera \acute{l} y si \acute{e} osobno; osi \acute{a} gn \acute{a} c to mo \acute{z} na za pomoc \acute{a} zwyk \acute{l} ej szkla \acute{n} ej rurki, zgi \acute{e} t \acute{e} j nakszt \acute{a} łt litery V. Jedno rami \acute{e} t \acute{e} j rurki, ustawionej na odpowiedniej podstawce, jest otwarte, drugie za \acute{s} zalutowane i zaopatrzone w drut platynowy, si \acute{e} gaj \acute{a} c \acute{y} a \acute{z} do zagi \acute{e} cia rurki, gdzie ko \acute{n} czy si \acute{e} platynow \acute{a} blaszk \acute{a} (fig. 20). Do t \acute{e} j rurki wlewamy tyle kwasu solnego, zabarwionego na b \acute{l} ękitno kilku kroplami roztworu indygo, a \acute{z}

zalutowane ramię wypełnimy zupełnie, a otwarte do połowy. Przyrządziwszy rurkę w ten sposób, drut platynowy, przesunięty przez jej ramię zalutowane, łączymy z ujemnym biegunem stosu, a biegun dodatni, również zakończony platynową blaszką, zanurzamy w otwarte ramię. Natychmiast gazy poczynają się wywiązywać, ale z tą różnicą, że przy biegunie ujemnym

Fig. 21.



wywiązywanie się jest obfite, gdy tymczasem przy biegunie dodatnim jest ono tak skąpe, iż niechybnie uszłoby naszej bacności, gdyby znana już nam dusząca woń i szybkie odbarwianie niebieskiego płynu

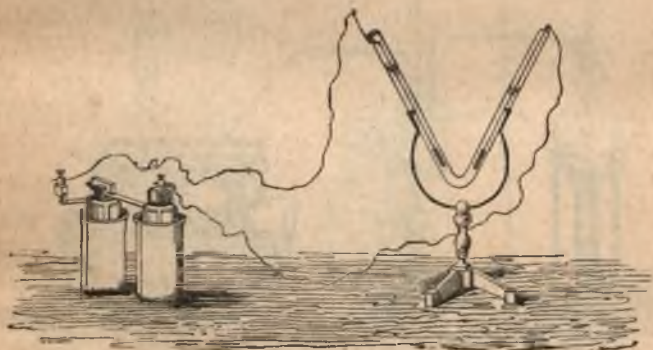
nie zdradzało istnienia gazu, którego też pęcherzyki, gdy dobrze się przyjrzymy, dostrzeżemy w istocie, jak powstają zrzadka, od czasu do czasu, wznoszą się do góry i pękają na powierzchni cieczy. Natomiast gaz, zbierający się przy ujemnym biegunie w zalutowanym ramieniu rurki widocznie nie może odbarwiać, bo płyn jest i nadal błękitnym. Gdy się dostateczna ilość gazu zebrała — na co wystarcza zwykle od 8 do 10 minut — przerywamy prąd, a zakrywszy palcem otwarte ramię rurki przewracamy ją tak, żeby gaz w nią przeszedł (fig. 21); poczem odejmujemy palec i przytykamy do otworu zapaloną lampę spirytusową: gaz uchodzi, zapala się i płonie, co świadczy, że jest wodem.

Teraz powtórzmy to doświadczenie w odwrotny sposób; biegun dodatni łączymy z drutem zalutowanego ramienia rurki, a biegun ujemny zanurzamy w otwarte ramię (fig. 22 str. 19). Tak jak poprzednio, dostrzeżemy i teraz obfite wydzielenie się wodu, uchodzącego przez otwarte ramię rurki, gdy tymczasem płyn odbarwi się natychmiast w ramieniu zalutowanym.

Dotychczas więc sprawa odbywa się zupełnie tak jak przedtym, jednakże to przedstawienie biegunów ma to dobrego, że da nam możliwość zbadania własności odbarwiającego gazu, który lubo zrazu wywiązywał się skąpo i zdradzał swą obecność jeno uduszającą wonią i władzą odbarwiania, przecież

teraz zaczyna coraz obficie wydzielać się, skupia się u wierzchołka rurki, wypycha ciecz przed sobą i wreszcie po 15 minutach działania elektrycznego prądu wypełnia większą część zalutowanego ramienia rurki jako gaz przezroczysty, żółtawo-zielony. W celu zbadania własności tego gazu przerwiemy teraz prąd i przewrócimy rurkę, aby tym sposobem zebrać gaz w otwartém jéj ramieniu. Będziemy naturalnie postępowali tak jak z wodem: do otworu rurki przybliżymy zapaloną lampę spirytusową: gaz uchodzi, a jednak nie zapala się, rozciąga tylko wokoło niemłą woń i przedstawia się jako ciało lotne, barwy żółtawo-zielonéj. Ze względu właśnie na tę barwę nazywano go z greckiego chlorem ($\chi\lambda\omega\rho\acute{o}\varsigma$).

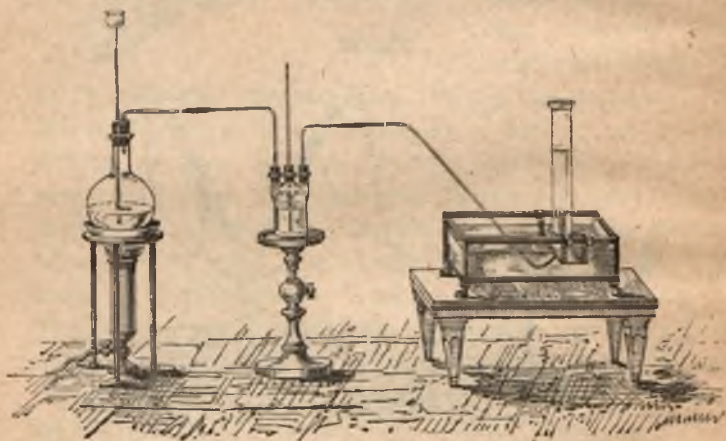
Fig. 22.



Można jeszcze w inny sposób, niż za pomocą elektryczności, wydobyć chlor z kwasu solnego; będzie to sposób tańszy i przez to jeszcze dogodny, że unikniemy równoczesnego wywiązywania się wodu. Operacja zasadza się na tém: bierze się szklane baniaste naczynie, wypełnia się je do połowy kwasem solnym i dorzuca się nieco braunsztynu sproszkowanego. (Braunsztyń jest to minerał, dość często napotykaný w przyrodzie w masach zbitych i niekształtnych, znany w nauce pod nazwą nadniedokwasu manganu.) Następnie ustawia się naczynie na zwykłym trójnogu i ogrzewa się z dołu: — natychmiast chlor zaczyna się wywiązywać w obfitéj ilości, unosi się w górę, wchodzi do kolankowéj rurki i zebrany być może

w cylindrze, napełnionym ciepłą wodą (fig. 23). Opisana tu metoda jest powszechnie używana w laboratorjach, szczególnie wtedy gdy potrzeba znacznej ilości chloru. Ze względu jednak, że chlor dobyt w ten sposób nie jest zupełnie czysty, lecz bywa zwykle zmieszany z powietrzem, należy z początku dozwolnić mu aby swobodnie wychodził na salę. Ponieważ jednak chlor i w dalszym ciągu nie jest także całkiem czysty, lecz najczęściej bywa zmieszany z kwasem solnym, przeto chcąc go od niego oddzielić, należy między kolbą a naczyniem, w którym gaz zbierać będziemy, ustawić małą flaszkę o trzech

Fig. 23.



szijkach, wypełnioną do połowy wodą: woda rozpuści kwas solny, gdy tymczasem gaz uda się do cylindra wywróconego dnem do góry nad pneumatyczną wanienką. — W dalszym ciągu niniejszego dzieła, kiedy będziemy obszerniej badali własności chloru, pomówimy jeszcze raz o opisanem tu doświadczeniu i wykażemy powody, dla których chlor zdołał wywiązać się z kwasu solnego i z braunsztynu; na razie zaś mało to nas zajmuje, bo tylko o tyle o ile trzeba nam było poznać najłatwiejszą metodę wydobywania chloru, którego własności mamy teraz eksperymentalnie zbadać.

Chlor rozpuszcza się snadno w wodzie, w stosunku takim jak 3 do 1 (n. p. trzy kwarty chloru mogą się rozpuścić w kwarcie wody), a to tłumaczy nam dla czego przy wywiązywaniu się chloru pod wpływem elektryczności zbierał się on tak skąpo z początku, gdy później wywiązywał się obficie; zrazu bowiem woda rozpuszczała wytwarzające się bańki gazu, z czasem jednak, skoro nasyciła się chlorem, nie mogła go już więcej rozpuszczać. Zważywszy jednak, że w miarę podwyższania się temperatury wody, zmniejsza się jej zdolność rozpuszczania chloru, zalecamy zbieranie go nad letnią wodą.— Świeca płonie w chlorze, ale płomień jej, barwy ciemnoczerwonej, mocno kopci i gaśnie przy dostępie powietrza. Owoż okoliczność ta dozwala nam zbadać ciężar objętościowy

chloru. Jeżeli bowiem cylinder, wypełniony chlorem, obrócimy dnem do góry i potrzymamy tak chwil parę, przekonamy się, że nie tylko żółto-zielona barwa i woń gazu zniknie, ale nadto świeca zapalona płonąć będzie zwykłym płomieniem (fig. 24). Stąd prosty wniosek, że chlor wydalik się z cylindra, a miejsce jego zajęło powietrze. Lecz jeżeli do cylindra



Fig. 24.

wypełnionego zwykłym powietrzem i zwróconego otworem do góry wsuniemy świecę zapaloną, a następnie wywrócimy nad nim inny cylinder, wypełniony chlorem (fig. 25 str. 22), to w skutek tego, że płomień świecy pocznie kopcić, pokryje się kłębamii dymu, sadzy i wreszcie zupełnie zgaśnie, przekonamy się, iż chlor z górnego cylindra spłynął do dolnego i wycisnił ztamtąd powietrze. Zatem chlor jest cięższy od powietrza, a tém samém znacznie cięższy od wodu. Dokładne badania,

w których uwzględniono wszystkie czynniki biorące udział w sprawie, okazały, iż dana objętość chloru jest 35,5 razy cięższą od takiej samej objętości wodu; czyli, mówiąc innemi słowy: że jeżeli przyjmujemy objętościowy ciężar wodu jako 1, ciężar objętościowy chloru będzie 35,5.

Znając już teraz parę własności chloru, ilekrotnie go spostrzeżemy i w jakichkolwiek warunkach, zdołamy go niechybnie rozpoznać. Wszelako w celu łatwiejszego odróżniania go od innych ciał, nie zaszkodzi nadmienić, że roztwór jodku potasu, ciała bardzo podobnego do zwykłej soli, chciwie pochłania chlor, przyczem ciecz przybiera barwę ciemno-brunatną. Owoż jeżeli do naczynia zawierającego rozpuszczony jodek potasu wpuszczamy nieznaną nam gaz i jeżeli ciecz przybierze pomienioną barwę, możemy być pewni, że gaz ten jest chlorem.

Fig. 25.



Atoli wracając do poprzedniego naszego doświadczenia, orzec śmiało możemy, że kwas solny pod wpływem prądu elektrycznego rozkłada się na dwa

gazy, zupełnie różne pod względem własności, a więc widocznie i pod względem wewnętrznej swój istoty; z nich jeden znany nam z poprzednich doświadczeń jako wód, wydziela się przy biegunie ujemnym; gdy tymczasem drugi, — poznany dopiero jako chlor, wywiązuje się przy dodatnim biegunie stosu. Oprócz tego każdy z tych gazów dobywa się z kwasu solnego osobno: pierwszy — przez działanie sodu, a drugi — przez działanie braunsztynu. Stąd prosty wniosek, że wód i chlor są składowemi częściami kwasu solnego.

Jednakże chcąc się upewnić o prawdziwości tego wniosku, należy na mocy bezpośredniego doświadczenia wykazać, iż wód i chlor są jedynemi składowemi częściami kwasu solnego.

Aby to udowodnić musimy przedewszystki \acute{e} m gazy te, otrzymane oddzielnie, zmieszać spo \acute{e} m i to w takim stosunku w jakim s \acute{a} one w kwasie solnym z \acute{a} łączone. Mieszanin \acute{e} t \acute{e} otrzymać najłatwiej za pomocą elektrolizy kwasu solnego, to jest przez rozłożenie tego kwasu pod wplywem prądu elektrycznego. Otrzyman \acute{a} w ten sposób mieszanin \acute{e} zebrać możemy w duzym szklanym cylindrze, zatkanym hermetycznie przez szklany korek (fig. 26) i wystawić na kilkogodzinne dzia \acute{l} anie rozproszonego s \acute{w} iatła, a p $\acute{o$ zniej przez par \acute{e} minut na bezpośrednie dzia \acute{l} anie promieni s \acute{l} onecznych. Pocz \acute{e} m zniknie żółta barwa mieszaniny gazowej; b \acute{e} dzie to pierwsza wskaz \acute{o} wka, że gazy uległy jakiejś zmianie, — co dalsze próby potwierdz \acute{a} jak najzupełniej. Bo jeżeli otworzymy cylinder, przekonamy si \acute{e} , że gaz wewn \acute{a} trz zawarty postradał w \acute{l} asności zarówno wodu jak i chloru, nie zapala si \acute{e} , ani t \acute{e} ż odbarwia. Natomiast zabarwia na czerwono błękitny lakmusowy papier, tworzy w wilgotn \acute{e} m powietrzu białe obłoki i z łatwośc \acute{i} ą rozpuszcza si \acute{e} w wodzie. Owoż s \acute{a} to wszystko w \acute{l} asności kwasu solnego, — przeto w \acute{o} d i chlor sprz \acute{e} gły si \acute{e} ze sob \acute{a} i utworzyły ponownie to ciało, z którego pierwotnie zostały wywiązane.

Fig. 26.



B \acute{e} dziemy mieli naturalnie ten sam rezultat, jeżeli gazy te otrzymamy w jakib \acute{a} dż inny sposób, ni \acute{z} za pomocą elektryczności, jeżeli np. w \acute{o} d wywiązemy z kwasu solnego przez dzia \acute{l} anie sodu, a chlor przez dzia \acute{l} anie braunsztynu. Zebrane w ten sposób gazy w dwóch cylindrach, z których jeden jest wype $\acute{l$ niony wod \acute{e} m, a drugi chlorem, możemy połączyć ze sob \acute{a} przez to, że cylindry ustawimy jeden nad drugim otworami do siebie, wysuniemy tafle szklane, którymi one by \acute{l} y przykryte i nast \acute{e} pnie trzymaj \acute{a} c

Fig. 27.



je tak aby były szczelnie do siebie przytknięte (fig. 27 str. 23) będziemy nimi przewracali dopóty, aż się gazy dokładnie ze sobą zmieszają. Poczem należy je roztworzyć nieco nad płomieniem zapalonej lampy spirytusowej: natychmiast płomień wtłoczy się z pewnym szumem do wnętrza cylindrów, skąd wybuchną gęste kłęby kwasu solnego (fig. 28).

Opisane tu doświadczenia dały nam w dwojaki sposób poznać naturę kwasu solnego. Raz bowiem zdołaliśmy go roz-

Fig. 28.



łożyć na jego składowe części, gdy drugim razem ze składowych tych części, oddzielnie wziętych, potrafiłszy go odtworzyć. Pierwsza metoda jest drogą rozbierzy, czyli analizy, druga zaś jest drogą kojarzni, czyli syntezy.

Analiza wykazała nam, że wód i chlor są składowemi częściami kwasu solnego; synteza zaś poparła rezultat analizy i udowodniła nadto, że gazy te są jedynemi składowemi częściami kwasu solnego, czyli że kwas solny składa się tylko z tych dwóch gazów; przeto kwas ten ze względu na jego składowe części będziemy odtąd nazywali kwasem chlorowodowym.

Obie te metody zastosujemy obecnie do wody, o której tyle tylko wiemy, że pod wpływem sodu wydała wód, tak samo jak i kwas solny. Dzięki praktyce, jaką zdobyliśmy studjując kwas chlorowodowy, snadno nam teraz wytknąć drogę, jakiej należy się trzymać przy analitycznym badaniu wody.

Użyjemy więc naprzód elektryczności; jednakże chcąc zwiększyć moc przewodnictwa wody, dodamy wprzód do téj ostatniej kilka kropel kwasu siarkowego a dopiero potem zanurzymy bieguny. Gaz natychmiast pocznie się wywiązywać: małe bańki formować się zaczną u biegunów, podnosić się będą do góry i pękać na powierzchni cieczy (fig. 29 str. 25).

Jeżeli doświadczenie wykonamy w ten sam sposób co z kwasem chlorowodowym, to jest, że wywiązujące się gazy

zbierzemy spodem w znanym już nam cylindrze (fig. 30), otrzymamy gaz bezbarwny i przezroczysty, podobny z pozoru do wodu. Wszelako okoliczność ta, że gaz ten chociaż płonie, jednak nie tak spokojnie jak wód, lecz gwałtownie wybucha, przyczem płomień, podobny nieco do błyskawicy, zniża się

Fig. 29.



aż do dna cylindra, świadczy, że w danym razie tak samo jak i w elektrolizie kwasu chlorowodowego, otrzymany gaz jest mieszaniną wodu i jakiegoś jeszcze innego gazu.

Należy tedy oba te gazy oddzielić, a na ten cel użyć musimy znanéj [nam już rurki V, którą posługiwaliśmy się

Fig. 30.

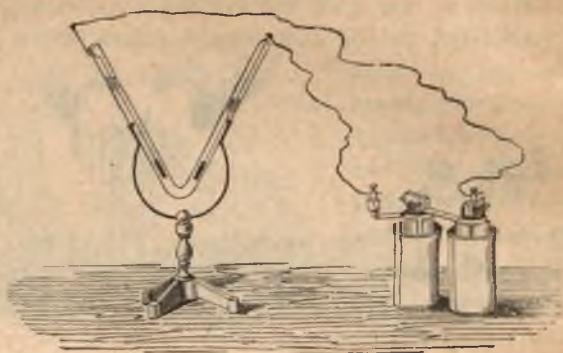


w uprzednich doświadczeniach. Rurkę wypełniamy okwaszoną wodą i tak jak przedtém łączymy ujemny biegun z zalutowaném ramieniem rurki, gdy tymczasem dodatni zanurzamy w otwarte (fig. 31 str. 26). Gazy natychmiast poczną się wywiązywać u obu biegunów, jednak obficie przy biegunie

ujemnym. Po przerwaniu prądu, badanie okazuje, że gaz znajdujący się w zalutowanym ramieniu rurki jest wodem (fig. 32).

Jak przedtem tak i teraz powtórzmy to doświadczenie w odwrotny sposób: biegun ujemny zanurzymy w otwarte ramię rurki, gdy tymczasem biegun dodatni złączymy z zalutowanym

Fig. 31.



ramieniem; wód wywiązujący się przy biegunie ujemnym będzie swobodnie uchodził na salę, natomiast gaz, który poprzednio wydalał się z otwartego ramienia rurki, zebrany teraz będzie w ramieniu zalutowanym (fig. 33 str. 27).

Fig. 32.



Gaz ten jest bezbarwny, przezroczysty i bezwonny, zupełnie jak wód; mimo to łatwo go od wodu odróżnić. Zapalić go bowiem nie można, jakkolwiek każde zapalone ciało płonie w nim jaśniej niż w zwykłym powietrzu (fig. 34 str. 27); przygaszona świeżo zapałka, na której zaledwie parę iskier jeszcze się tli, pod wpływem tego gazu rozżarza się natychmiast i bucha płomieniem. Gwoli tedy tego, że gaz ten wzmaga tlenie ciał nazwano go tlenem; dawniej zaś nazywano go kwasorodem; znaczenie tej nazwy objaśnimy później.

Tlen pod względem swych własności bardziej niż wód lub chlor zbliża się do powietrza; zresztą możemy już i teraz nadmienić, że jest on jego składową częścią. Wszelako jest cięższy niż powietrze, o czém się łatwo przekonać możemy. Ustawimy dwa cylindry otwarte i wypełnione tlenem, jeden

Fig. 33.



w pozycji naturalnej, otworem do góry (fig. 35 str. 28), drugi zaś w pozycji odwrotnej, otworem do dołu (fig. 36 str. 28). Po kilku minutach, zanurzając palącą się świecę do obu cylindrów po paleniu się téj świecy przekonywamy się, iż pierwszy cylinder zawiera jeszcze tlen, gdy w drugim miejsce tlenu zajęło powietrze. Dokładne badania wykazały, że tlen jest cokolwiek tylko cięższy od powietrza, a mianowicie, że przyjmując objętościowy ciężar wodu jako 1 ciężar objętościowy tlenu wyniesie 16, gdy powietrza, jakeśmy już mówili, wynosi 14,438.

Fig. 34.



Opisaliśmy tu sposób wydobycia tlenu z wody za pomocą prądu elektrycznego. Są jednak inne metody daleko łatwiejsze i dostarczające tlenu w znacznie większej ilości. Na razie jednak pominiemy opisanie tych metod, a poprzestaniemy na wykazaniu

sposobu dobywania tlenu bez wywiązywania równocześnie wodu. Wspomnieliśmy już poprzednio jak wielkie powinowactwo ma chlor do wodu i z jaką łatwością oba gazy łączą się, tworząc kwas chlorowodowy. Można więc przypuszczać, że chlor przy sprzyjających warunkach, zdoła wydobyć wód z wody, połączyć się z nim i utworzyć kwas solny, a tym sposobem oswo-bodzi zarazem tlen. Jednakże w zwykłej temperaturze, jakotóż i w nieco wyższej rozkład taki, jak wiemy, nie ma miejsca: — przecież nad ciepłą wodą zbieraliśmy chlor. Nastaje wszakże przy bardzo wysokiej temperaturze. Rozkładu tego dokonać możemy w przyrządzie, który jakkolwiek na pozór zdaje się

Fig. 36.

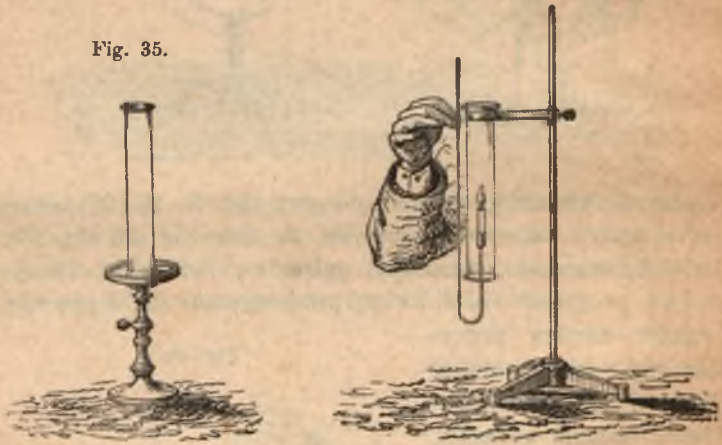


Fig. 35.

bardzo skomplikowanym, w gruncie jednak rzeczy jest prosty i zrozumiały. W dużej flasce (fig. 37 str. 29) wywiązujemy chlor z kwasu solnego i z braunsztynu; wytwarzający się gaz przechodzi stamtąd do małej flaszczyki, wypełnionej wodą; spirytusowa lampa, umieszczona pod flaszką utrzymuje temperaturę wody w stanie prawie wrzenia. Chlor nasycony parą wodną unosi się z tej flaszczyki i dostaje się do porcelanowej rurki, znajdującej się wewnątrz pieca i rozpalonej do czerwoności. W rurce tej para wodna rozkłada się, chlor łączy się z wodem, tworzy kwas chlorowodowy i wspólnie z wolnym tlenem uchodzi do flaszczyki ustawionej z przeciwniej strony pieca.

Idzie nam teraz o oddzielenie tlenu od kwasu chlorowodowego; na ten cel ustawiliśmy właśnie ową flaszkę: zawarta w niej bowiem woda pochłonie kwas chlorowodowy, gdy tymczasem tlen, wolny i czysty, ujdzie przez rurkę kolankową do wypełnionego wodą cylindra.

Zdołaliśmy tedy zbadać skład wody za pomocą analizy. Bo kiedy z jednej strony potrafilimy na mocy prądu elektrycznego rozłożyć wodę na wód i tlen, z drugiej zaś udało nam się przez działanie sodu wydobyć z niej wód, a przez działanie chloru tlen; przeto analityczną drogą doszliśmy do wykrycia, że gazy te są składowemi częściami wody.

Fig. 37.

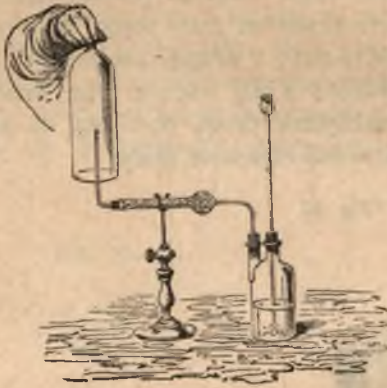


Aby się jednak upewnić, że wód i tlen są jedynemi składowemi częściami wody, musimy się o tém przekonać syntetycznie, to jest musimy z wodu i tlenu utworzyć ponownie wodę, tak jak z chloru i wodu utworzyliśmy kwas chlorowodowy.

W tym celu użyjemy flaszki o dwóch szyjkach; przez jedną przesuniemy rurkę zakończoną lejkowato i idącą aż do dna flaszki, przez drugą zaś zwykłą rurkę kolankową połączoną z rurką nieco obszerniejszą, wypełnioną pumeksem, nasyconym kwasem siarkowym; na drugim końcu tej grubiej rurki osadzona jest na korku cienka kolankowa rurka zakończona spiżasto. Do flaszki narzucamy nieco cynku, a przez lejkowatą

rukę wlejemy trochę roztworu kwasu siarkowego. Natychmiast zacznie się wywiązywać wód, przejdzie przez rurkę wypełnioną pumeksem, gdzie utraci wszystkłą wilgoć i jako gaz zupełnie suchy wyjdzie strumieniem z owej cienkiej rurki. Zrazu jednak

Fig. 38.



wód zmieszany jest z powietrzem; należy więc chwilę zaczekać, zanim gaz czysty wychodzić zacznie; natenczas zapalimy go i płomień przykryjemy szklanym cylindrem wypełnionym suchym tlenem (fig. 38). W skutek tego płomień wodu znacznie się ożywi, gdy tymczasem ściany cylindra pokryją się parą wodną, która

oziębiając się, skropli się i wreszcie jako woda spłynie.

Tak wprawa, którąśmy zdobyli, jak i wnioski, któreśmy wyprowadzili z badań nad kwasem chlorowodowym i wodą,

Fig. 39.

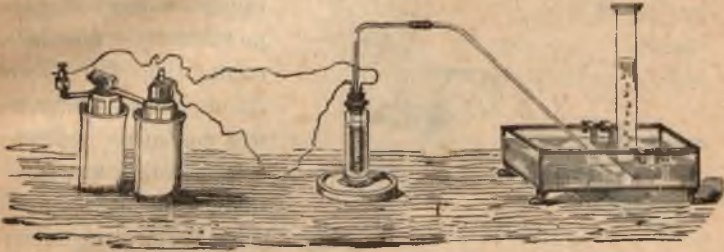


upoważniają nas do wystudjowania z kolei amoniaku, tego trzeciego ze znanych nam ciał, w których się wód znajduje.

Owóz amoniak zupełnie tak samo jak kwas chlorowodowy i jak woda rozkłada się pod wpływem elektrycznym; tylko rozkład odbywa się w danym razie nieco powolniej. Aby go

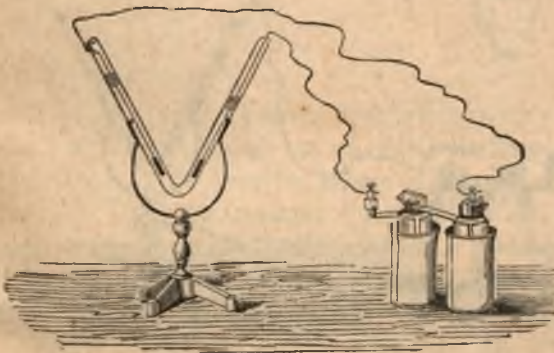
przyśpieszyć, upuścimy kilka kropel kwasu siarkowego, albo lepiej jeszcze — szczyptę soli zwykłej do silnego roztworu amoniaku, znajdującego się w otwartym naczyniu, gdzie także wstawimy elektrody naszej baterji (fig. 39 str. 30). Natychmiast dostrzeżemy powstawanie drobnych baniek, jakby perełek

Fig. 40.



wznoszących się ku górze i pękających na powierzchni cieczy. Jeżeli bańki te zbierzemy w cylindrze wywróconym nad pneumatyczną wanienką (fig. 40), to cylinder wypełni się bezbarwnym i przezroczystym gazem, pływającym tak jak wód i przeto

Fig. 41.



bardzo do wodu podobnym. Atoli mając wzgląd na rezultaty, jakieśmy otrzymywali z rozbioru tak kwasu chlorowodowego jak i wody, wnosić możemy ze wszelkiem prawdopodobieństwem, że i w danym razie otrzymany gaz nie jest jednolitym

gazem, ale mieszaniną dwóch gazów. Ażeby się o tém przekonać użyjemy znanéj już nam dobrze i wypróbowanéj rurki V. Naprzód złączymy biegun ujemny z zalutowaném jéj ramieniem (fig. 41 str. 31), a z szybko wywiązującym się gazem postępujemy tak jak poprzednio (fig. 42). Badanie okazuje, że

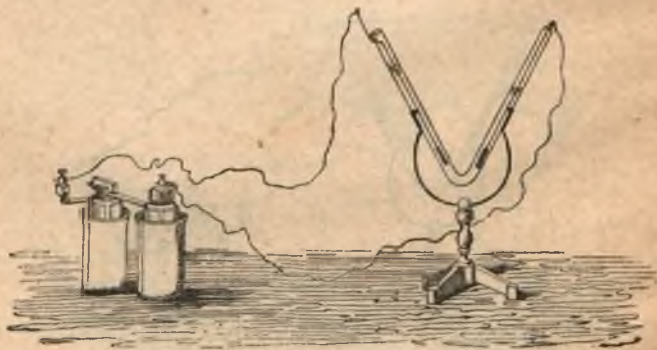
Fig. 42.



jest wodem. Nie zwlekając, idziemy więc daléj i przestawiwszy bieguny powtarzamy doświadczenie (fig. 43). Tym razem jednak zastanawia nas nieco nadzwyczaj powolne wywiązywanie się gazu przy dodatnim biegunie;

kwadrans już upłynął, a gazu zebrało się ledwie tyle, żeby módz zbadać jego własności. Gaz ten jest bezbarwny i przezroczysty jak wód, jednakże znacznie się od niego różni, bo zgoła nie płonie. Nie jest także ani chlorem, ani tlenem, bo nie ma woni i barwy chloru i nie tylko nie wzmaga palenia się

Fig. 43.



ciał, jak tlen, lecz przeciwnie tłumi je nawet: świeca zapalona, zanurzona w naczynie zawierające ten gaz, gaśnie natychmiast (fig. 44 str. 33). Z tego téż względu niektórzy chemicy nazwali go gaśnikiem; powszechnie jednak przyjęto nazywać go azotem. Owoż azot jest to gaz bardziej różniący się

od innych brakiem wszelkich wybitnych własności, aniżeli posiadaniem jakichkolwiek. Nawet pod względem objętościowego ciężaru jest on, — że tak powiem, — pospolitym gazem. bo podczas gdy wód jest znacznie lżejszym od powietrza, a chlor i tlen znacznie cięższym, azot ma ten sam ciężar co i powietrze. Jeżeli bowiem ciężar objętościowy wodu przyjmiemy jako 1, to ciężar azotu wyniesie 14, gdy tymczasem ciężar powietrza, jakżeśmy mówili, wynosi 14,438. Ten prawie jednakowy ciężar azotu i powietrza nie zadziwi nas bynajmniej, gdy dowiemy się w dalszym ciągu, że azot jest główną składową częścią atmosferycznego powietrza.

Azot otrzymać możemy z amoniaku w taki sam sposób jak otrzymywaliśmy tlen z wody, to jest za pomocą chloru.

Bo nawet przy zwykłej temperaturze chlor łączy się z wodem amoniaku i przez to oswobadza azot.

Doświadczenie odbywamy w następujący sposób: dużą flaszkę o trzech szyjkach wypełniamy do połowy najmocniejszym roztworem amoniaku jaki się w handlu znajduje (fig. 45 str. 34); do flaszki tej za pomocą

kolankowej rurki wprowadzamy chlor, wydobywający się w zwykłej kolbie w skutek wzajemnego na się działania kwasu solnego i braunsztynu, pilnie przytém bacząc aby ilość zużytego do doświadczenia amoniaku znacznie była większa od ilości wywiązującego się chloru. W chwili gdy chlor wchodzi do flaszki gdzie się znajduje amoniak, górna część tej flaszki wypełnia się kłębamii białej pary, jak gdyby dymu, w cieczy zaś powstaje mnóstwo drobnych baniek lśniących jak perełki. Biała ta para jest ciałem stałym, nieobchodzącym nas zgoła na razie, o tyle tylko chyba, że powstanie jego zmusza nas do użycia grubszej rurki, bo cieńsza w skutek zgęszczania się i osiadania pary na ścianach byłaby natychmiast zatkana. Owoż z grubszej tej rurki przechodzi wywiązany gaz do znaney

Fig. 44.

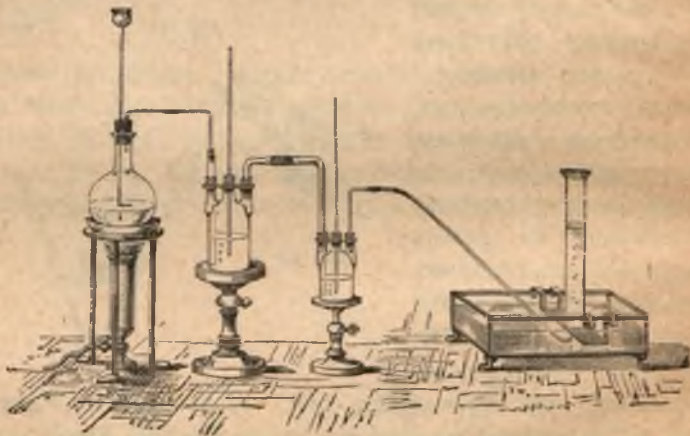


już nam flaszki wypełnionej do połowy wodą, a stąd do wywróconego dnem do góry cylindra. Badanie okazuje, że nie jest on ani chlorem, ani wreszcie tlenem, lecz tym nowym gazem, azotem, któryśmy przed chwilą wydobyli z amoniaku przez działanie prądu elektrycznego.

Za pomocą tedy elektryczności dokonaliśmy analizy amoniaku i wykazaliśmy, że wód i azot są składowemi jego częściami; nadto, istnienie tych obu gazów w amoniaku udowodniliśmy osobno, bo wód wywiązaliśmy przez działanie sodu, a azot przez działanie chloru.

Należałoby więc teraz, trzymając się tej samej metody, którąśmy przyjęli w badaniu kwasu chlorowodowego i wody,

Fig. 45.



dowiedzieć jeszcze syntetycznie, iż wód i azot są jedynemi składowemi częściami amoniaku. Ale niestety nie znamy dotąd żadnego sposobu do odtwarzania bezpośrednio amoniaku z wodu i azotu. Musimy przeto na teraz zadowolnić się tém, co dokładne badania wykazały, że jeżeli amoniak rozłożymy na jego składowe części, — na wód i azot, — to ciężar obu tych gazów równa się dokładnie ciężarowi użytego do badania amoniaku; stąd prosty wniosek, że amoniak oprócz wodu i azotu nie zawiera żadnych innych ważkich składowych części.

Badania powyższe nad kwasem chlorowodowym, nad wodą i amoniakiem wzbogaciły skarbnicę chemiczną naszej wiedzy

mnóstwem faktów, których znaczenie i doniosłość poznamy dopiero w dalszym ciągu. Jednak już i teraz mamy niejakię pojęcie o tój dziedzinie, która tyle tajemniczego i zagadkowego przedstawiała nam zrazu. Wszelako zanim pogłębimy się w nią bardziej, nie zaszkodzi rzucić jeszcze raz okiem na przebytą drogę; tym bowiem sposobem nie tylko obrachujemy się ze zdobytymi już wiadomościami, ale nadto ułatwimy dalsze naprzód kroczenie.

Przez działanie elektryczności, ciepła i pewnych chemicznych czynników zdołaliśmy kilka znanych nam ciał w najrozmaitszy sposób zmieniać i przekształcać. Udało nam się np. kwas chlorowodowy rozłożyć na wód i chlor; wodę — na wód i tlen; amoniak na wód i azot, a następnie potrafiłszy niektóre gazy, jak wód i chlor, i wód i tlen, połączyć ze sobą i odtworzyć rozłożone ciała; nie udało się nam wprawdzie synteza amoniaku, ale wiemy, że chemicy w inny sposób, mianowicie za pomocą wagi, zdołali dokładnie skład tego ciała wybadać. A zatem dowody tak pewne i umiejętne jak tylko być mogą, każą nam wnosić, że wód i chlor, wód i tlen, i wreszcie wód i azot są jedynymi składowemi częściami kwasu chlorowodowego, wody i amoniaku.

Atoli duch ludzki nigdy i niczem zadowolnić się nie może; rozwiązawszy jedno pytanie, zadaje sobie drugie, a gdy to drugie rozwiąże, kroczy do trzeciego, — i tak dalej bez końca i miary usiłuje cały wszechświat zjawisk zamknąć w kadrach umiejętnego systematu. To też i w danym razie, lubo zbadaliśmy chemiczny skład kwasu chlorowodowego, wody i amoniaku, jednak mimo to — a może właśnie dla tego — nastęrcza się nam samo przez się pytanie, z czego się składają składowe części tych ciał? Ażali można rozłożyć wód, chlor, tlen i azot, i zredukować je do jeszcze prostszych form materji?

Na pytanie to, zadawane tylekrotnie zarówno przez nowoczesnych jak i przez dawniejszych badaczy, mamy tylko jedną odpowiedź, a to tę mianowicie, że pomimo wszystkich środków i sposobów, jakie dzisiejsza umiejętność dostarczyć może, nie zdołano dotąd ciał tych rozłożyć. Pomimo najsilniejszych prądów elektrycznych i najwyższej możebnej temperatury; pomimo wszelkich chemicznych odczynników, na jakie tylko

wynalazczy umysł chemików mógł się zdobyć, gazy te: wód, chlor, tlen i azot rozłożyć się nie dały. Mamy przeto prawo uważać je jako ciała niezłożone, pierwiastkowe, jako elementy, w przeciwstawieniu do ciał złożonych czyli związków chemicznych, do ciał takich jak kwas chlorowodowy, amoniak lub woda.

Zachodzi tedy pytanie, ile jest takich ciał pierwiastkowych? Bo złożonych napotykamy tysiące w nieorganicznej przyrodzie, pod postacią najrozmaitszych kamieni i minerałów, tworzących skorupę ziemi; nieograniczoną zaś liczbę w przyrodzie organicznej, w najprzeróżniejszych utworach roślinnego i zwierzęcego państwa. Owoż to nieskończone bogactwo najrozmaitszych ciał składa się ostatecznie z 63 pierwiastków (niektórzy liczą ich nieco więcej, ale ponieważ są wątpliwe, więc pomijamy). Nawet ciała niebieskie składają się — jak się zdaje — z tych samych materij, co i ziemia. Przynajmniej w meteorach, które od czasu do czasu spadają na naszą planetę, nie wykryto dotąd żadnej innej składowej części; najnowsze zaś badania każą przypuszczać, że te same elementy znajdują się na słońcu i na innych stałych gwiazdach.

Na następującej stronie podajemy nazwy tych 63 pierwiastków, zgrupowanych w alfabetycznym porządku. Nazwy te drukujemy trzema rozmaitemi rodzajami pisma, w celu unacznienia rozdziału pierwiastków na trzy odrębne grupy. Pierwsza grupa, odznaczająca się tłustém pismem obejmuje, oprócz 4 znanych już nam pierwiastków, jeszcze 14 innych, najbardziej rozpowszechnionych na powierzchni ziemi. W grupie téj znajdują się główne składowe części morza (tlen i wód), powietrza (tlen i azot), skorupy ziemnej (tlen w połączeniu z krzemem, węglami i metalami). Oprócz tych znajdują się jeszcze inne elementy jak brom i jod, które lubo nie tak widoczne, są jednak niemniej rozpowszechnione.

Druga grupa, odznaczająca się mniejszym drukiem, obejmuje nazwy 22 pierwiastków, znacznie mniej rozpowszechnionych, wszelako używanych często w rękodzielnach i w przemyśle; niektóre z nich znane nam są z codziennego użytku, jak miedź, złoto, srebro, cynk, cyna i inne.

Wreszcie trzecia grupa, wydrukowana najmniejszym piśmem, obejmuje nazwy 23 pierwiastków, najrzadziej napotykanych w przyrodzie. Są to ciała prawie wcale nieużywane w przemyśle, albo bardzo mało; nie wiemy też do dzisiaj jaką rolę odgrywają one w ekonomji przyrody. Okoliczność zaś ta, że rzadko napotykanne są w przyrodzie, stała się przyczyną, iż do niedawna nie znano ich prawie wcale; dopiero w ostatnich czasach, dzięki postępom umiejętności i w skutek wykrycia nowych metod badawczych, zdołano je odkryć i zbadać. Do tej grupy można byłoby jeszcze doliczyć nazwy dwóch mniemanych pierwiastków, terbium i norium; atoli wolimy je pominąć, zwążywszy, że w ostatnich czasach gwoili najnowszych badań wątpiono w ich istnienie.

Alfabetyczny spis pierwiastków.

Antymon (Stibium).
 Arson (Arsenicum).
Azot (Nitrogenium).
 Bar (Barium).
 Beryl (Beryllium).
 Bizmut (Bismutum).
 Bor (Borum).
Brom (Bromium).
 Cer (Cerium).
 Cezyt (Caesium).
Chlor (Chlorum).
 Chrom (Chromium).
 Cyna (Stannum).
 Cynk (Zincum).
 Dydym (Didymium).
 Erb (Erbium).
Fluor (Fluorum).
Fosfor (Phosphorum).
Glin (Aluminium).
 Ind (Indium).
 Iryd (Irydium).
 Itr (Ytrium).
Jod (Jodum).
 Kadm (Cadmium).
 Kobalt (Cobaltum).
Krzem (Silicium).
 Lant (Lanthanium).
 Lit (Lithium).
Magn (Magnesium).
Manganez (Manganium).
 Miedź (Cuprum).
 Molibden (Molibdenium).

Nikiel (Nicolum).
 Niob (Niobium).
 Ołów (Plumbum).
 Osm (Osmium).
 Pallad (Palladium).
 Platyna (Platinum).
Potas (Kalium).
 Rod (Rodium).
 Rteć (Hydrargyrum).
 Rubid (Rubidium).
 Ruten (Ruthenium).
 Selen (Selenium).
Siarka (Sulphur).
Sód (Natrium).
 Srebro (Argentum).
 Stront (Strontium).
 Tal (Taliun).
 Tantal (Tantalum).
 Tellur (Tellurium).
Tlen (Oxygenium).
 Tor (Thorium).
 Tyt (Tytanium).
 Ur (Uranium).
 Wanad (Vanadium).
Wapń (Calcium).
Węgiel (Carbonium).
Wód (Hydrogenium).
 Wolfram (Wolframium).
 Złoto (Aurum).
 Zyrkon (Zirconium).
Zelazo (Ferrum).

Zbytecznym zaiste byłoby dodawać, że rozgrupowanie pierwiastków takie jak w powyższej tablicy nie ma żadnej innej wartości, jak tylko tę, że okazuje nam, które elementy są ważniejsze, a które mniej ważne. Przytém i pod tym względem niejeden z tych pierwiastków zajmuje pośrednie stanowisko i mógłby z równym prawem być zaliczony bądź do tej bądź do tamtej grupy. Tablica ta okazuje nam wszakże, że mniej niż trzecia część pierwiastków odgrywa pierwszorzędną w przyrodzie rolę, gdy tymczasem więcej niż dwie trzecie należy do drugorzędnych. Z tego téż względu badania nasze ograniczymy przeważnie do pierwszych; o innych tylko pobieżnie wspominać będziemy.

Przedtém jednakże nadmienić winniśmy, że wyrazu „pierwiastek“ używać będziemy w ściśle ograniczonym znaczeniu, rozumiejąc przezeń takie tylko ciało, które dotychczas w żaden sposób rozłożyć się nie dało. Być bardzo może, że umiejętność zdoła z czasem rozłożyć te ciała, które dla nas są dzisiaj pierwiastkami i że chemja w przyszłości mniej elementów będzie liczyła. Wprawdzie poczynając od klasycznych elementów starożytności, które dla nas przestały już być oddawna elementami, i idąc aż ku nowszym czasom, przekonywamy się, że liczba pierwiastków coraz się bardziej zwiększała; jednakże mamy prawo śmiało przypuszczać, że ponowna redukcja téj liczby może z czasem nastąpić.

III.

Ciała złożone. — Stosunek objętościowy i zgęszczenie składowych części, uwidocznione na mocy objętościowej analizy kwasu chlorowodowego, wody i amoniaku. — Chemiczny związek a mechaniczna mieszanina. — Rozkład kwasu chlorowodowego pod wpływem amalgamu sodu. — Rozdział elektrolicznie wywiązanych składowych części kwasu chlorowodowego przez jodek potasu. — Ponowne ich złączenie pod wpływem światła. — 2 objętości kwasu chlorowodowego zawierają 1 objętość wodu i 1 objętość chloru. — Rozdział składowych części wody za pomocą elektrolizy. — Ponowne ich złączenie pod wpływem elektrycznej iskry. — 2 objętości pary wodnej zawierają 2 objętości wodu i 1 objętość tlenu. — Rozkład amoniaku przez działanie chloru. — Oznaczenie objętości azotu za pomocą objętości chloru. — Rozkład amoniaku pod wpływem prądu elektrycznego. — 2 objętości amoniaku zawierają 3 objętości wodu i 1 objętość azotu. — Jednoczesny rozkład kwasu chlorowodowego, wody i amoniaku pod wpływem prądu elektrycznego. — Mieszanina a związek składowych części kwasu chlorowodowego i wody. — Stałość i niezmiennosc stosunku pierwiastków w związkach chemicznych. — Różnica między własnościami związków chemicznych a własnościami składających je pierwiastków. — Warunki przekształcania mechanicznej mieszaniny w chemiczny związek.

Zanim pójdziemy dalej, musimy jeszcze nieco pomówić o kwasie chlorowodowym, o wodzie i o amoniaku, albowiem nie zbadaliśmy dotąd, ażali istnieje jaki stały stosunek włączeniu się pierwiastków, stanowiących te ciała, — i jeżeli istnieje, jakiego jest rodzaju?

Zbadajmy więc naprzód w jakim stosunku pod względem objętości łączy się wód z chlorem w celu utworzenia kwasu chlorowodowego; co znów skutecznie jest bardzo łatwo: potrzeba tylko za pomocą sodu rozłożyć kwas chlorowodowy w takich warunkach, aby mógł zmierzyć objętość wywiązanego wodu.

W tym celu posługujemy się szklaną rurką, 50 centymetrów długą a 1,5 c. szeroką, zgiętą w kształcie litery **U** i osadzoną na odpowiedniej podstawie; jedno ramię tej rurki jest otwarte gdy drugie zamknąć można za pomocą szklanego kurka. Nieco powyżej zgięcia rurki otwarte jej ramię jest zaopatrzone w cieniutką rureczkę, na której znów naciągnięta jest rurka kauczukowa, zamykana za pomocą bądź metalowego bądź szklanego kurka. Dodanie tej cieniutkiej rureczki ułatwia wprowadzenie gazu do przyrządu. Na ten cel wypełniamy całą rurkę **U** rtęcią, a następnie otworzywszy kurek wypuszczamy rtęć z otwartego ramienia. Atoli przed rozpoczęciem jeszcze tej operacji, winniśmy mieć przygotowany znany nam już przyrząd do wywiązywania kwasu chlorowodowego w stanie gazowym (porów. fig. 7); bo skoro tylko rtęć wypłynie z otwartego ramienia naszej rurki zgiętej na kształt **U**, należy zaraz do tego ramienia wsunąć rurkę kolankową owego przyrządu. Kolankowa ta rurka musi być również zaopatrzona w rurkę kauczukową, aby ją można było wepchnąć aż do zgięcia rurki **U**. Gaz wywiązujący się w kolbie pomienionego przyrządu dostaje się tym sposobem do zamkniętego ramienia rurki **U** i wypycha stamtąd rtęć, która spływa przez rurkę kauczukową, potenczas otwartą. Kiedy dostateczna ilość gazu wejdzie do zamkniętej rurki, zakręcamy kurek i ponownie dopóty dolewamy rtęci, aż się zrówna jej poziom w obu ramionach. Wtedy za pomocą kółka kauczukowego nasuniętego na rurkę zaznaczamy przestrzeń zajętą gazem (fig. 46 str. 41); próżną zaś przestrzeń w ramieniu otwartem rurki wypełniamy amalgiem sodu (porów. str. 9) i otwór zatykamy szklanym korkiem. Z lekka przechylając przyrząd, wprowadzamy gaz do tego ramienia rurki i manipulujemy przyrządem w ten sposób, aby wszystkie cząsteczki gazu zetknęły się z rtęciowym roztworem sodu, poczem wprowadzamy gaz ponownie do zamkniętego ramienia rurki. Wreszcie

wyjmujemy szklany kurek: rtęć opada natychmiast, kiedy zaś otworzymy kurek, dochodzi do równowagi w obu ramionach i okazuje, że rurka zawiera połowę tyle gazu, co miała przedtém (fig. 47). Gaz ten jest czystym wodem; przekonać się o tém można, otworzywszy szklany kurek zamkniętego ramienia rurki i wlewając rtęć do ramienia otwartego: gaz będzie się wydalał, a zapalony, będzie płonął znanym już nam bezbarwnym płomieniem wodu.

Z doświadczenia tego dowiedzieliśmy się, że w 1 objętości kwasu chlorowodowego zawiera się $\frac{1}{2}$ objętości wodu. Zachodzi więc teraz pytanie, ile chloru wchodzi w związek z tą $\frac{1}{2}$ objętości wodu? Na pierwszy rzut oka pytanie to zdaje się być

Fig. 46.



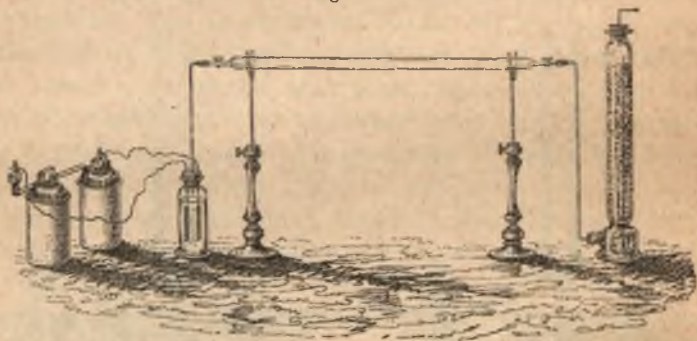
Fig. 47.



zbytecznym; boć przecie jeżeli dana objętość ciała złożonego z wodu i z chloru zawiera $\frac{1}{2}$ objętości wodu, cóż prostszego jak przypuszczenie, że zawiera także $\frac{1}{2}$ objętości chloru. Jednakże nie każde proste przypuszczenie bywa racjonalnym; zdarzyć się bowiem mogło, że w 1 objętości kwasu chlorowodowego połowa objętości wodu złączyła się z więcej lub mniej niż połową objętości chloru, jeżeli cząsteczki tego ostatniego gazu zbliżyły się do siebie lub też oddaliły się nawzajem w chwili wejścia w związek. A zatem pytanie nasze: — ile chloru w 1 objętości kwasu chlorowodowego złączyło się z $\frac{1}{2}$ objętości wodu? — nie jest wcale zbytecznym.

Chcąc odpowiedzieć na to pytanie, wykonać musimy następujące doświadczenie. Czytelnik przypomina sobie niechybnie opisany powyżej przyrząd, służący do elektrolizy kwasu chlorowodowego. Właśnie ten przyrząd zastosujemy i obecnie, z tą jednak różnicą, że zamiast zbierać mieszaninę gazową w cylindrze wywróconym nad pneumatyczną wanienką, zbierzemy ją w rurce 40 do 50 c. m. dłuższej a 1,5 c. m. szerokiej, ułożonej poziomo na dwóch podstawkach (fig. 48). Rurka ta zakończona z obu końców cieniutkimi wydłużeniami zaopatrzona jest w dwa szklane kurki, przystające hermetycznie. Gazy, wywiązujące się pod wpływem prądu elektrycznego, wchodzi do téj rurki; zrazu jednak są one zmieszane z powietrzem. Aby więc powietrze przepędzić, dozwalamy gazom swobodnie

Fig. 48.



na salę uchodzić; chcąc jednak pozbyć się nie milej woni i szkodliwego wpływu chloru, mieszaninę powietrza i gazów wprowadzamy przez przewodnią rurkę do naczynia wypełnionego pumeksem, który przedtém zwilżyliśmy ługiem sodowym. Po pół godziny lub trzech kwadransach operacja jest skończona; można wtedy rurkę odjąć, starannie wprzód zakręciwszy kurki.

Idzie teraz o rozdzielenie chloru od wodu i o wymierzenie objętości chloru. Na ten cel musimy mieszaninę gazową, znajdującą się w rurce, poddać pod działanie jakiegokolwiek cieczy, któraby chętnie pochłaniała chlor a nie tykałaby wodu. Cieczą taką jest np. woda; ale wolimy użyć roztworu jodku potasu, który nie tylko pochłania również chętnie chlor, ale nadto obecność jego ujawnia przybraniem ciemno-brunatné

barwy. Żeby wymierzyć stosunek objętościowy chloru i wodu w gazie, który wypełnia rurkę, wlewamy nieco mocnego roztworu jodku potasu do wydłużenia, co zakończy rurkę i wydłużenie to zatykamy korkiem wprzód, zanim odkręcimy kurek. Co kiedy nastąpi, parę kropel cieczy wpłynie do środka rurki; zakręcamy więc ponownie kurek i rurkę przewracamy w tę i ową stronę, żeby ciecz rozplýwała się po jój ścianach i tym sposobem przedstawiała większą powierzchnię mieszaninie gazowej. W takich warunkach absorbcja odbywa się nadzwyczaj prędko; kiedy zmiarkujemy, że już się dokonała, wsuwamy rurkę do szerokiego cylindra, wypełnionego także roztworem jodku potasu, i odkręcamy kurek u dołu: — ciecz wstępuje natychmiast i dochodzi tylko do połowy rurki, wykazując tym sposobem, że połowa pierwotnej objętości gazu została zabsorbowaną (fig. 49). Że zaś tym zabsorbowanym gazem był chlor, świadczy o tém brunatne zabarwienie roztworu jodku potasu.

Snadno téż dowiedzieć się co za gaz wypełnia górną połowę rurki. Potrzeba tylko pogłębić ją aż do dna cylindra i odkręcić kurek, przytykając do otworu zapaloną świecę; ciecz w skutek ciśnienia podniesie się do góry i wypchnie przed sobą gaz, który zapali się i spłonie charakterystycznym bezbarwnym płomieniem wodu (fig. 50 str. 44).

Zatém oba te doświadczenia dopełniają się nawzajem i odpowiadają zarazem na pytanie, któreśmy sobie powyżej zadali. Przekonaliśmy się bowiem używając sodu do doświadczenia, że 2 objętości kwasu chlorowodowego zawierają 1 objętość

Fig. 49.



wodu; obecnie zaś za pomocą elektrolizy dowiedzieliśmy się, że do utworzenia dwóch objętości kwasu chlorowodowego potrzeba 1 objętości wodu i 1 objętości chloru.

Nadto oba te doświadczenia społem wzięte odślaniają nam wszystko to co nam dotychczas brakowało we względzie zupełnej znajomości natury kwasu chlorowodowego, i dostarczają bezpośrednich dowodów po pierwsze na to: że kwas chlorowodowy składa się z chloru i z wodu; powtóre, że oba te pierwiastki są jedynemi jego składowemi częściami;

Fig. 50.



potrzebie, że złączone są one w równych objętościach; poczwarte, że oba pierwiastkowe gazy zawarte są w kwasie chlorowodowym bez zgęszczenia, albowiem objętość złożonego ciała w stanie gazowym równa się sumie objętości składowych jego części.

W inny jeszcze sposób można udowodnić, że wód łączy się z chlorem bez zgęszczenia. Elektrolityczny aparat, któregośmy przed chwilą używali, wywiązuje chlor i wód w tym stosunku w jakim oba te gazy znajdują się w kwasie chlorowodowym; jeżeli więc za jego pomocą wywiązane gazy zdołamy

połączyć w ten sposób iż utworzą kwas chlorowodowy, i jeżeli objętość utworzonego kwasu nie będzie mniejszą od sumy objętości obu gazów, natenczas będziemy mieli bezpośredni dowód, że gazy te łączą się bez zgęszczenia. Aby wykonać to doświadczenie, używamy w miejsce szerokiej rurki, rurki wąskiej o grubych ścianach, mającej w średnicy zaledwie $\frac{1}{2}$ centymetra. Rurka ta u obu końców zaopatrzona jest w szklane kurki, hermetycznie przymykające, i przytém w pobliżu jednego końca posiada niewielką kulkę o grubych i mocnych ścianach, mającą 3 do 4 centymetrów średnicy. Przez rurkę tę przepuszczamy gazy, tak jak poprzednio; kiedy miarkujemy, że wszystko powietrze wyszło i że rurka wespół z kulką zawiera tylko gazowe składniki kwasu chlorowodowego, zakręcamy kurki i zdejmujemy rurkę z podstawek.

Fig. 51.



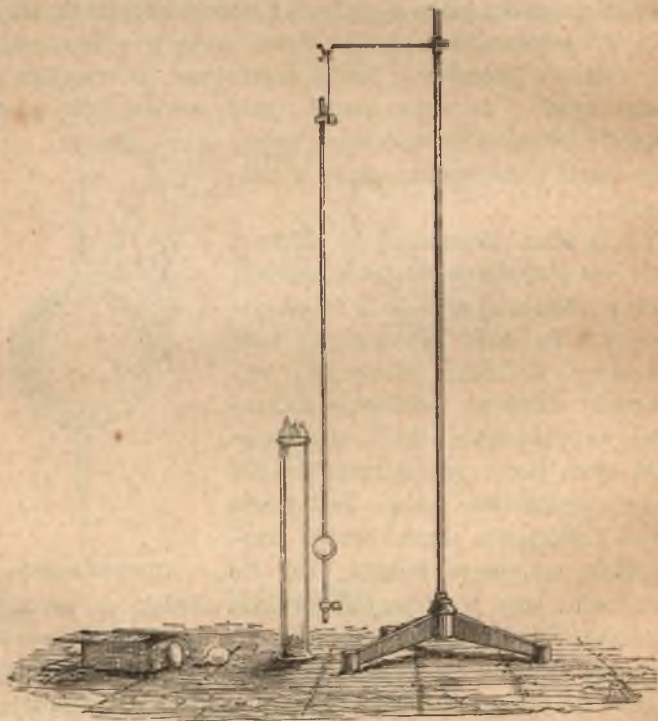
Wielkość naturalna.

Należy teraz mieszaninę tę chloru i wodu przekształcić w związek chemiczny, w kwas chlorowodowy — i to za pomocą światła bądź naturalnego, bądź sztucznego. Promienie słoneczne, bezpośrednio działając, wznecają natychmiastowe połączenie. Atoli nie zawsze dzień bywa jasny, gdy sztuczne światło zawsze sprodukować można. Jest przeto bardzo zajmującym poznać sposób przyrządzenia sztucznego światła, na tyle natężonego, aby ten sam wywoływało skutek co promienie słoneczne. Światła takiego dostarcza płomień błękitny powstający przy spalaniu się dwusiarczku węgla w tlenku azotu. Oba te ciała poznamy później dokładniej; na razie zaś zanotujemy tylko ich nazwę.

Spalenie dwusiarczku węgla w tlenku azotu odbywamy w następujący sposób: — na gazowej lampie wydmuchujemy kulkę szklaną, odpowiedniej wielkości (fig. 51), mogącą pomieścić 2 do 3 centymetrów sześciennych dwusiarczku węgla, poczem zalutowujemy kulkę, wpuszczamy ją do cylindra wypełnionego tlenkiem azotu i przykrywamy cylinder taflą szklaną. Następnie parę razy trącamy cylinder, aby kulka rozbiła się

i zawarty w niej dwusiarczek węgla zmieszał się z tlenkiem azotu; jeżeli teraz zdejmujemy taflę z cylindra i przytkniemy do otworu zapaloną świecę, mieszanina zapali się i będzie płonęła błękitnym płomieniem, zstępującym stopniowo aż do dna cylindra. Promienie tego płomienia wywołają natychmiast połączenie się chloru z wodem, któremu to połączeniu się towarzyszy zawsze dość słaby stuk wewnątrz rurki.

Fig. 52.



Chlor łączy się z wodem nie tylko pod wpływem błękitnego płomienia dwusiarczku węgla, ale także i pod wpływem białego płomienia, również świetlnego, powstającego wtedy, gdy spalamy metal magnez. Używanie światła magnez jest z tego względu korzystnym, że łatwiej otrzymać można i że bliżej daje się przysunąć do rurki, zawierającej oba pomienione pierwiastkowe gazy. Sposób wykonywania doświadczenia okazuje fig. 52. Rurkę

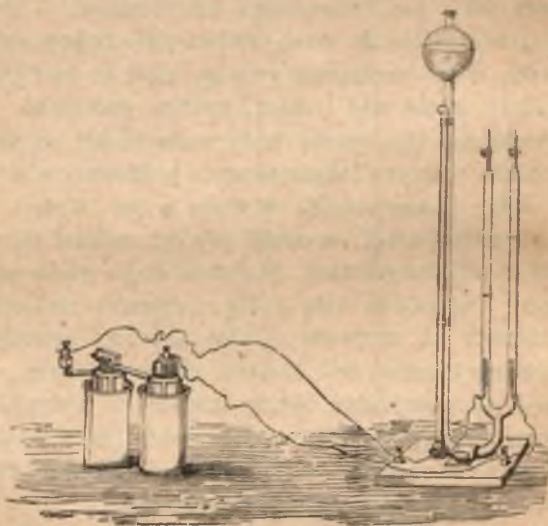
zawierającą mieszaninę gazową, a zawieszoną na podstawce, przysuwa się do cylindra, w którym płonie dwusiareczek węgla w tlenku azotu, — albo téż do przyrządu, w którym blaszka magnowa spala się w czystym tlenie. W chwili połączenia się chloru z wodą dostrzegamy błysk niewielki i słyszemy słaby stuk.

Po dokonaniem połączeniu obu gazów, należy teraz zmierzyć objętość wytworzonego związku. Na ten cel odkręcamy dolny kurek rurki i zanurzamy ją w waniankę rtęciową: ani gaz z rurki nie wytryska ani téż rtęć nie wchodzi do rurki, co świadczy, że połączenie gazów odbyło się zarówno bez zgęszczenia jak i bez rozszerzenia ich objętości. — Jednakże trzeba jeszcze dowieść, że rurka zawiera ciało będące związkiem chemicznym, a nie mieszaniną zwykłą, czyli że tam jest kwas chlorowodowy, a nie wód i chlor, społem zmieszane. Na ten cel nalewamy na rtęć trochę wody, zabarwioną na niebiesko kilku kroplami roztworu lakmusowego, i podnosimy nieco rurkę, aby jej dolny koniec utykał w wodę a nie w rtęć. Skutek ujawnia się natychmiast: w chwili gdy gaz zetknął się z wodą, zaczął się w niej rozpuszczać, w skutek czego woda podniosła się do góry i wypełniła całą rurkę, przyczem niebieską swą barwę zmieniła na czerwoną, — co świadczy naturalnie, że gaz wypełniający rurkę był kwasem chlorowodowym. — Doświadczenie to potwierdza jeszcze raz to co wykryliśmy na mocy uprzednich doświadczeń, a mianowicie, że 1 objętość wodu łącząc się z 1 objętością chloru tworzy 2 objętości kwasu chlorowodowego.

Przy odbywaniu tych doświadczeń, bez względu na to czy używamy promieni słonecznych czy téż dwusiarczku węgla, należy w każdym razie być nieco ostrożnym. W chwili bowiem łączenia się gazów rozwija się znaczne ciepło, a gwoli niego utworzony kwas chlorowodowy, w skutek chwilowego rozszerzenia się, roztrzaskać może rurkę. Najlepiej więc otoczyć ją siatką drucianą, albo grubemi taflami szklanemi. — Przekonano się także, że gazy niezupełnie suche łatwiej się łączą pod wpływem światła; jest tedy bardzo korzystnym nie wstawiać żadnych osuszających przyrządów między rurką a elektrolitycznym aparatem.

Chcąc zbadać objętościowy stosunek pierwiastkowych gazów stanowiących wodę, posługujemy się także elektrolitycznym przyrządem. Kiedyśmy używali tego przyrządu w celu wykrycia składowych części wody, przekonaliśmy się już wtedy, że wód wywiązuje się daleko obficie niż tlen. Idzie więc tylko teraz o zmierzenie dokładne, co znów uskutecznić można za pomocą trójramiennej rurki (fig. 53), której dłuższe ramię rozszerza się u góry baniasto, gdy dwa inne, nieco krótsze i zgięte na kształt litery **U**, zaopatrzone są u końców szklanymi kurkami. Ramiona krótsze mają u dołu dwa wltowane elektrody.

Fig. 53.



Przyrząd ten wypełniliśmy wodą, do której dla zwiększenia przewodnictwa doleliśmy nieco kwasu siarkowego ($\frac{1}{12}$ część wagi wody). Wywiązujące się gazy u obu elektrod wypychają wodę, przez co ona cofa się do dłuższej rurki i zbiera się w owym baniastym rozszerzeniu, tworząc tym sposobem słup wody, którego ciężar uciska gazy i wytłacza je, w chwili gdy odkręcamy kurki. A odkręcić je musimy z następnego powodu: — gazy wywiązujące się przy elektrolizie wody rozpuszczają się w niej nieco, szczególnie tlen jest zrazu pochłaniany przez wodę, wprawdzie niewiele, ale zawsze trochę,

a nam i odrobiny utracić nie wolno. Przeto rozsądniej postąpimy, jeżeli na parę chwil dozwolimy gazom swobodnie uchodzić na sałę, aż do nasycenia wody tlenem. Dopiero potem zakręcimy kurki równocześnie i dostrzeżemy to samo cośmy widzieli w poprzednich naszych doświadczeniach z wodą, a mianowicie, że przy biegunie ujemnym daleko więcej wywiązuje się gazu aniżeli przy dodatnim, i to właśnie w tym stosunku, że na jedną objętość skąpo wywiązującego się gazu przypadają dwie objętości gazu wywiązującego się obficie. Owoż wiemy z uprzednich doświadczeń, że tym obficie wywiązującym się gazem, powstającym przy biegunie ujemnym jest wód, a że gazem wywiązującym się skąpo, powstającym przy dodatnim biegunie jest tlen. Nie zaszkodzi jednak jeszcze raz przekonać się, że pierwszy jest wodem, a drugi tlenem: na ten cel odkręcimy kurki i według znanych nam metod zbadamy uchodzące gazy. Przekonaliśmy się tym sposobem, że w wodzie 2 objętości wodu złączone są z 1 objętością tlenu.

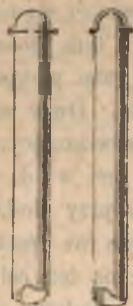
Musimy jeszcze zbadać, ażali i z wodą rzeczy tak samo się mają jak z kwasem chlorowodowym, to jest że objętość złożonego ciała równa się sumie objętości składających je pierwiastków?

Żeby odpowiedzieć na to pytanie musimy porównać objętość składowych części wody z objętością jój pary. Na ten cel potrzeba gazy znajdujące się pod ciśnieniem atmosfery ogrzać wyżej niż temperatura wrzenia wody, albo też ogrzać je tylko do temperatury wrzenia, ale za to badać pod ciśnieniem niższém niż atmosferyczne. Ostatni sposób daje się snadno uskutecznić za pomocą przyrządu odrysowanego na figurze 55 (str. 50 i 51).

Rurkę szklaną, metr długą a 10—12 milimetrów średnicy, zalutowaną u góry, zaopatrujemy w dwa platynowe druty zbliżone do siebie wewnętrznymi końcami, aby iskry elektryczne mogły między nimi przeskakiwać. Zewnętrzne końce tych drutów łączymy z drutami baterji. Figura 54 przedstawia właśnie dwa rodzaje takich drutów: jedne są proste, drugie zaś zaokrąglone; te ostatnie są z tego względu lepsze, że nie przeszkadzają czyszczeniu rurki. Rurkę tę podzieliliśmy wprzódy od góry na trzy równe części (po 15 centymetrów każda),

i oznaczyliśmy je za pomocą czarnych pasków, wypalonych w szkłe. Na nią nasuwamy inną rurkę, krótszą a obszerniejszą, umocowaną na korku i otwartą u góry. Do przestworu istniejącego pomiędzy obiema rurkami wpuszczamy parę wodną, dochodzącą w gutaperkowej rurce z metalowego naczynia, w którym ogrzewamy wodę za pomocą gazowej lampy. Rurkę wewnętrzną wypełniamy rtęcią i obróciwszy otworem do dołu, wpuszczamy do cylindrycznej wanienki rtęciowej, —

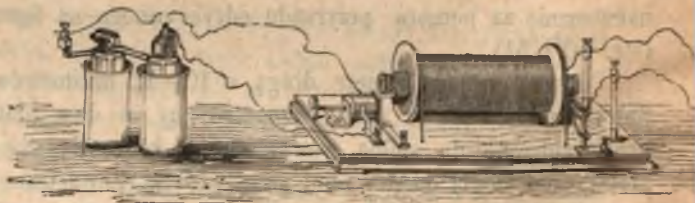
Fig. 54.



a następnie za pomocą obrączki metalowej, posuwającej się lekko i równo na kółku zębatém wzdłuż ramienia podstawki, ustawiamy rurkę w pionowej pozycji.

Po kilku chwilach wahania się rtęć ustawia się w rurce na wysokości barometrycznej. Natenczas za pomocą przyrządu przedstawionego na fig. 30. wpuszczamy do próżni barometrycznej pierwiastkowe gazy, pochodzące z elektrolizy wody, i wpuszczamy dopóty, aż się wypełnią trzy odmierzone części rurki, poczem za pomocą metalowej obrączki, obejmującej zewnętrzną rurkę, a zaopatrzonej także w zębate kółko, zaznaczamy wysokość słupa rtęci w rurce wewnętrznej. Ponieważ strumień pary wodnej otacza tę rurkę wokoło, przeto gazy znajdują się w temperaturze 100° C. i przytém są wymierzone pod ciśnieniem mniejszem niż ciśnienie atmosfery o całą wy-

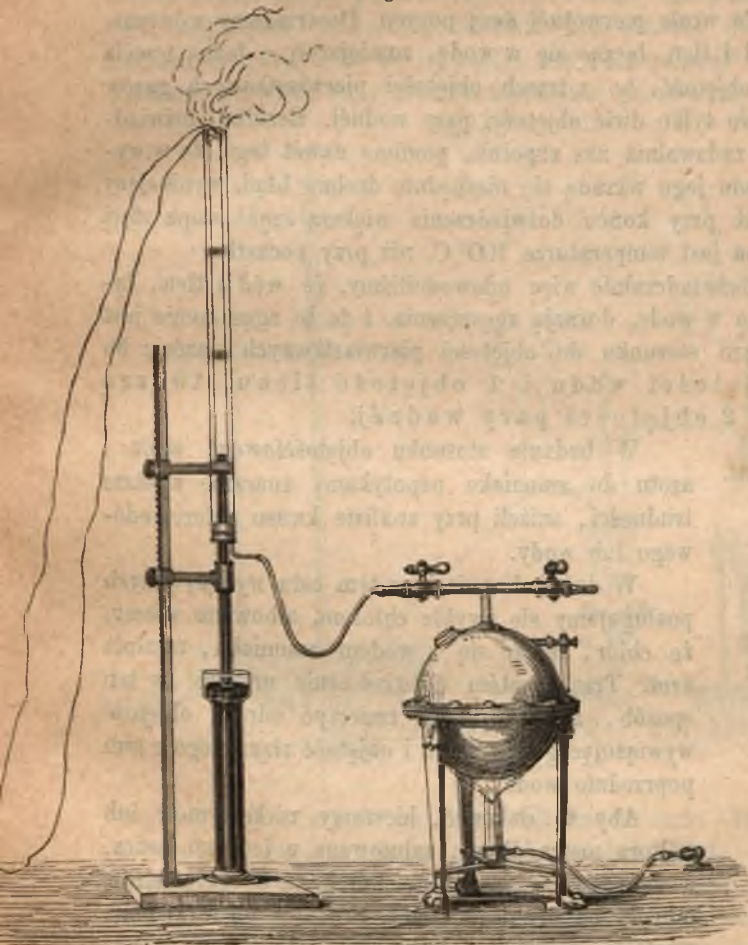
Fig. 55.



sokość słupa rtęci, utrzymującego się w rurce. Puszczamy teraz prąd elektryczny do mieszaniny wodu i tlenu; aby jednak para wodna, unosząca się z zewnętrznej rurki, nie skraplała się na drutach i nie tamowała przejścia elektryczności,

jako zły jej przewodnik, położyliśmy wprzód jeszcze płatek bawełny na szczycie wewnętrznej rurki. Pod wpływem iskry elektrycznej oba gazy łączą się ze sobą i tworzą gaz wodny

Fig. 55.



czyli wodną parę, albowiem temperatura rurki wynosi 100° C. Wszelako niepodobna porównywać objętości wytworzonej pary wodnej z objętością pierwiastkowych jej gazów, gdyż jakkolwiek temperatura jest ta sama, jednak ciśnienie zmniejszyło

się o tyle o ile słup rtęci wzniósł się powyżej metalowej obrączki. Atoli łatwo wytworzyć pierwotne ciśnienie. Na ten cel pogłębiamo rurkę w wanience cylindrycznej na tyle, żeby słup rtęci wyrównał się z ową obrączką metalową, która nie zmieniła wcale pierwotnej swjej pozycji. Dostrzeżemy wówczas, że wód i tlen, łącząc się w wodę, zmniejszyły o jedną trzecią swoje objętość, bo z trzech objętości pierwiastkowych gazów powstało tylko dwie objętości pary wodnej. Rezultat doświadczenia zadawalnia nas zupełnie, pomimo nawet tego, że w wytworzeniu jego wkrađa się niezbędnie drobny błąd, wynikający stąd, iż przy końcu doświadczenia większa część słupa rtęci poddana jest temperaturze 100° C. niż przy początku.

Doświadczalnie więc udowodniliśmy, że wód i tlen, łącząc się w wodę, doznają zgęszczenia, i że to zgęszczenie jest w stałym stosunku do objętości pierwiastkowych gazów: bo 2 objętości wodu i 1 objętość tlenu, tworzą tylko 2 objętości pary wodnej.

W badaniu stosunku objętościowego wodu i azotu do amoniaku napotykamy znacznie większe trudności, aniżeli przy analizie kwasu chlorowodowego lub wody.

Fig. 56.

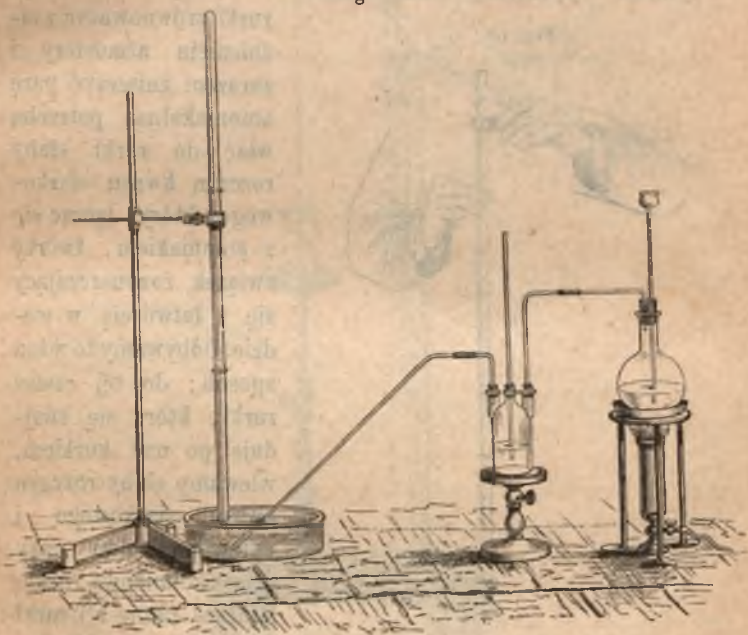


W doświadczeniach w tym celu wykonywanych posługujemy się zwykle chlorem, albowiem wiemy, że chlor, łącząc się z wodem amoniaku, uwalnia azot. Trzeba zatem doświadczenie urządzić w ten sposób, abyśmy mogli zmierzyć odrazu objętość wywiązującego się azotu i objętość złączonego z nim poprzednio wodu.

Aby to dokonać, bierzemy rurkę, metr lub półtora metra długą, zalutowaną u jednego końca, a zaopatrzoną w szklany kurek na 5 centymetrów odległy od drugiego końca. Średnica téj rurki musi mieć co najmniej 4 milimetry, żeby gazy swobodnie mogły się w niej wznosić (fig. 56). Przestrzeń zamkniętą między kurkiem a zalutowanym końcem rurki dzielimy na 3 równe części i oznaczamy podziałki za pomocą pierścieni kauczukowych, naciągniętych na rurkę. Poczém wypełniamy rurkę ciepłą

woda, przewracamy ją nad wanienką pneumatyczną i w zwykły sposób wpuszczamy do niej chlor (fig. 57). Kiedy się zupełnie chlorem wypełni, zostawiamy ją jeszcze przez pewien czas otwartą, żeby się oziębiła i żeby ściekła woda chlorowa, która osiada zwykle na jej ścianach; gdy to nastąpi zakręcamy kurek, wyjmujemy rurkę z podstawki, przewracamy otwartym końcem do góry, i do tej jej części, która się znajduje po nad kurkiem, wlewamy silny roztwór amoniaku, poczem odkręcamy

Fig. 57.



kurek, a ciecz kropla po kropli spływa do rurki, łącząc się z wypełniającym ją gazem (fig. 58 str. 54). Mały płomyk, żółtawo-zielony, okazujący się tuż bezpośrednio pod kurkiem, ujawnia łączenie się chloru z amoniakiem; gęsta biała para wypełnia równocześnie rurkę. Amoniak dolewamy tyle, żeby wszystek chlor połączył się z wodą, a nawet nie zaszkodzi dołać nieco więcej, gdyż utworzony kwas chlorowodowy połączy się z nim w chemiczny związek, o którym później będziemy obszernie mówili; na teraz zaś wystarczy i ta wiadomość,

że nowy ten związek pokryje wnętrze rurki w kształcie białej osłony. Osłona ta z łatwością rozpuszcza się w wodzie, tak że rurka w górnej swej części będzie tylko zawierała azot.

Otrzymany w ten sposób azot należy teraz oswobodzić od pary amoniakalnej i poddać ciśnieniu i temperaturze takiej, w jakiej znajdował się chlor, w chwili gdy napełniwszy nim rurkę zakręciliśmy kurek.

Temperaturę łatwo obniżyć: wystarczy rurkę zanurzyć w cylinder wypełniony wodą. Żeby zaś wewnętrzne ciśnienie

Fig. 58.



rurki zrównoważyć z ciśnieniem atmosfery i zarazem zniszczyć parę amoniakalną, potrzeba wlać do rurki słaby roztwór kwasu siarkowego, który, łącząc się z amoniakiem, tworzy związek rozpuszczający się z łatwością w wodzie. Odbywamy to w ten sposób: do tej części rurki, która się znajduje po nad kurkiem, wlewamy słaby roztwór kwasu siarkowego i wstawiamy dwa razy zgiętą kolankową rurkę. Dłuższe ramię tej rurki zanurzamy w szklanke,

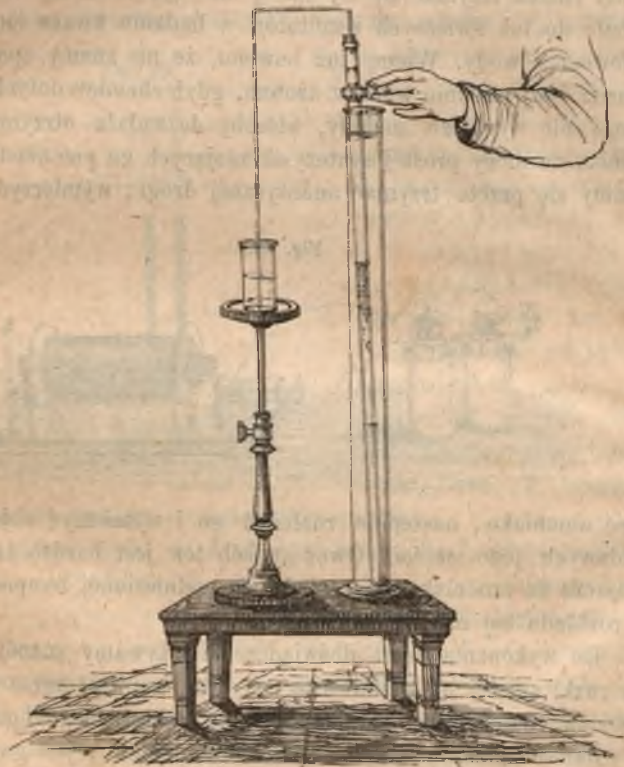
zawierającą także rozcieńczony kwas siarkowy, którego powierzchnia wystawiona jest na ciśnienie atmosfery (fig. 59 str. 55). Że atmosferyczne ciśnienie jest większe niż ciśnienie wewnątrz rurki, przekoramy się o tem natychmiast, gdy odkręcimy kurek: ciecz cieniutkim strumieniem wpłynie do wnętrza i dopóty spływać będzie, aż się ciśnienie wewnętrzne zrównoważy z zewnętrznym.

Spełniliśmy zatem wszystko, co wymaganem było. Idzie więc teraz o to, ileż azotu pozostało w rurce? Doświadczenie

okazuje, że równo trzecia część rurki wypełniona jest azotem, gdy dwie inne mieszaniną rozmaitych cieczy.

Przypomnijmy teraz sobie, że na początku doświadczenia wszystkie trzy części rurki wypełnione były chlorem; że następnie chlor ten za pomocą wodu wywiązanego z amoniaku przekształciliśmy w kwas chlorowodowy, który rozpuścił się

Fig. 59.



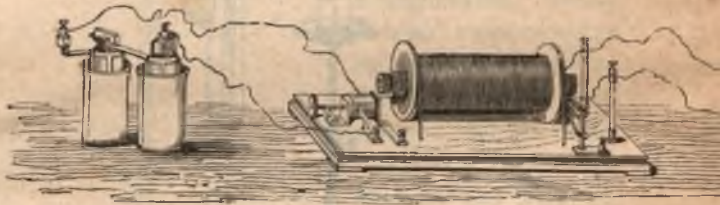
w wodzie, zajmującej dolną część rurki; dalej, że wód i chlor, jak wiemy z uprzednich doświadczeń, łączą się w równych objętościach; — a z tego wszystkiego snadno wyprowadzimy wniosek, że znajdujący się w rurce azot został wywiązany z takiej ilości amoniaku, która trzy razy tyle zawierała w sobie wodu.

Doświadczalnie zatem udowodniliśmy, że do wytworzenia amoniaku trzy objętości wodu łączą się z jedną objętością azotu.

Pozostaje jeszcze zbadać, ażali objętość wodu i azotu w chwili ich łączenia się w celu utworzenia amoniaku, doznaje zgęszczenia, i jeżeli doznaje, to w jakim stopniu?

Nadaremnie szukalibyśmy odpowiedzi na to pytanie, gdybyśmy chcieli trzymać się tej samej metody, która nas doprowadziła do tak świetnych rezultatów w badaniu kwasu chlorowodowego i wody. Wiemy już bowiem, że nie znamy sposobu łączenia bezpośrednio wodu z azotem, gdyż chemicy dotychczas jeszcze nie wynaleźli metody, któraby dozwalała otrzymywać amoniak na mocy prostej syntezy składających go pierwiastków. Musimy się przeto trzymać analitycznej drogi: wymierzyć ob-

Fig. 60.



jętość amoniaku, następnie rozłożyć go i wymierzyć objętość składowych jego części. Owoż sposób ten jest bardzo łatwy, zwłaszcza że amoniak przy cokolwiek podniesionej temperaturze rozkłada się na swe pierwiastki.

Do wykonania tego doświadczenia używamy znanj już nam rurki zgiętej na kształt litery **U**; atoli zamiast ogrzewania amoniaku, rozłożymy go za pomocą prądu elektrycznego (fig. 60).

Zalutowane ramię rurki **U** zawiera amoniak; jest go tam niewiele, nie więcej jak trzecia część ramienia, resztę zaś wypełnia rtęć. Objętość znajdującego się amoniaku zaznaczamy kauczukowym pierścieniem, — poczem puszczaemy prąd elektryczny: iskra przeskakuje między końcami platynowych drutów i rozkłada amoniak, w skutek czego następuje rozszerzenie przestrzeni gazowej. Rozszerzanie się to trwa dopóty, aż rozłoży się wszystek amoniak, co zwykle zajmuje od 5 do 10 minut.

Kiedy objętość gazów przestanie się zwiększać, a rtęć dojdzie do równowagi, mierzymy natenczas przestrzeń zajętą przez gazy i okazuje się, że jest ona dwa razy większą od pierwotnej. Odkręcamy kurek, a wydalający się gaz pozbawiony jest niemiłej woni amoniaku, natomiast zapala się od palącej się świecy: mamy przeto dowód, że amoniak rozłożył się, bo tym płonącym gazem jest wód.

Doświadczenie to okazuje nam, że wód w połączeniu z azotem, tworząc amoniak, zajmują połowę tej przestrzeni,

Fig. 60.



co kiedy nie są ze sobą związane, czyli mówiąc innymi słowami: że 4 objętości pierwiastkowych składników amoniaku (to jest 3 objętości wodu i 1 objętość azotu) zgęszczają się w chwili łączenia się ze sobą i tworzą 2 objętości amoniaku.

Rezultat naszych poszukiwań nad kwasem chlorowym, wodą i amoniakiem

daje się streścić w następujący sposób:

- 1 objętość wodu + 1 objętość chloru = 2 objętościom kwasu chlorowodowego.
 2 „ „ + 1 „ tlenu = 2 objętościom wody.
 3 „ „ + 1 „ azotu = 2 „ amoniaku.

Okazuje się stąd, że kwas chlorowodowy, woda i amoniak nietylko różnią się między sobą pod względem stosunku objętościowego składających je pierwiastków, ale nadto pod względem stosunku jaki istnieje między objętością pierwiastków oddzielnie wziętych, a ich objętością, gdy są ze sobą związane. Stosunek ten postępuje, bo poczynając od $\frac{2}{2}=1$ w kwasie chlorowodowym (połączenie bez zgęszczenia), z kolei wynosi $\frac{3}{2}$ w wodzie (zgęszczenie do $\frac{2}{3}$) i wreszcie $\frac{4}{2}=2$ w amoniaku (zgęszczenie do $\frac{1}{2}$). A zatem stopień zgęszczenia wzrasta w tych ciałach w miarę komplikacji ich związku.

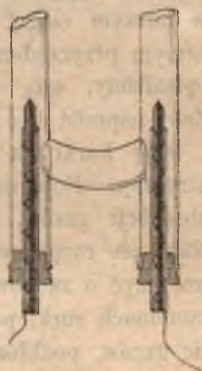
Uprzytomniwszy sobie w umyśle zastosowywane metody we wszystkich tych doświadczeniach z objętością gazów, zdziwi się może niejeden, dlaczegośmy nie używali elektryczności do badania kwasu chlorowodowego i amoniaku, kiedy wiemy z poprzedniego, że ciała te rozkładają się pod jej wpływem, i kiedy tak znakomity otrzymaliśmy rezultat z elektrolizy wody. Odpowiedź prosta: daliśmy pierwszeństwo innym metodom, bo elektroliza kwasu chlorowodowego i amoniaku przedstawia wiele trudności. Mnóstwo drobnych przeszkód i ubocznych wpływów mogło zepsuć doświadczenie; a chcąc tamte usunąć, trzeba było dużo stracić czasu. Jednakże teraz, kiedyśmy już na innej drodze zbadali objętościowy skład pomienionych związków, możemy badanie nasze zweryfikować za pomocą elektrolizy i doświadczenia te same powtórzyć w warunkach znacznie trudniejszych, ale za to bardziej pouczających.

Widzieliśmy już, że przy elektrolizie wody trzeba się trzymać pewnych reguł, aby wywiązane gazy znajdowały się względem siebie w odpowiednim stosunku pod względem objętości, gdyż woda chciwie tlen pochłania. Owoż z tych samych przyczyn znacznie jest trudniej wywiązać za pomocą elektrolizy pierwiastkowe gazy składające kwas chlorowodowy. Wiemy bowiem, jak łatwo chlor rozpuszcza się w wodzie; jeżeli więc do elektrolizy kwasu chlorowodowego zastosujemy aparat, któregośmy używali do elektrolizy wody (porów. fig. 53), to zrazu przy dodatnim biegunie, gdzie właśnie chlor wywiązywać się powinien, nie dostrzeżemy go wcale; ciecz pochłonie go zupełnie. Dopiero później kiedy się ciecz chlorem nasyci, poczną się zbierać jego bańki, wypełniając górną część przeznaczoną na ten cel rurki. Ale i wówczas jeszcze, chociażby kurki do tego czasu były odkręcone, a dopiero teraz zamknięte, objętość gazów w obu rurkach nie będzie jednakowa: wodu zawsze będzie więcej bądź dla tego, że pewna cząstka chloru złączy się z platynowym elektrodem, bądź też dla tego, że woda nasyciona chlorem rozplynie się także w rurkę gdzie wód się zbiera, w skutek czego nieco chloru domiesza się do wodu.

Aby zapobiedz pierwszemu usterkowi, w miejsce platynowych elektrodów zastosujemy elektrody z węgla. Na ten cel użyjemy małych laseczek węgla, pryzmatycznych lub walcowatych,

0^m,005 grubości a 0^m,050 długości, owiniętych w drut platynowy, oblepionych następnie z dołu woskiem i osadzonych w otwartych szklanych rurkach. Przestrzeń między węglem a szkłem wypełnimy także woskiem lub szelakiem. Poczem szklane te rurki osadzimy w dużych rurkach, jak to przedstawia fig. 61 w znacznem powiększeniu, i włożymy z dołu do ramion aparatu, w którym będziemy chlor elektrolizowali. Aparat ten składa się z dwóch rurek, 0^m,45 długich, i 0^m,015 szerokich, zaopatrzonych u góry w kurki szklane, a otwartych u dołu. Rurki te złączymy ze sobą (mniej więcej na 0^m,03 po nad dolnym otworem) za pomocą rurki poprzecznej, do której przylutowana jest w środku rurka pionowa, wydęta w kulę u góry. Cały ten kompleks rurek ustawimy na odpowiedniej podstawie, bacząc przytém, aby końce elektrodów wystawały nieco po nad otwór poprzecznej rurki. Tym sposobem usuniemy jedną niedogodność, a mianowicie łączenie się chloru z platynowymi elektrodami.

Fig. 61.



Aby zapobiedz rozpuszczaniu się chloru w wodzie, w miejsce czystego kwasu chlorowodowego użyjemy roztworu nasyconego zwykłą solą kuchenną. Żeby zaś przeszkodzić zwiększaniu się ciśnienia w skutek nagromadzenia się cieczy w rurce środkowej, — co także przyczynia się do absorbcji chloru, — przylutowujemy do tej rurki na wysokości kurków małą przewodnią rurkę, przez którą ciecz będzie mogła spływać. Po skończeniu doświadczenia rurkę tę przyjdzie się zalutować, a ciecz, która z niej wypłynie, wlać ponownie do kuli znajdującej się na końcu rurki środkowej. — Jeżeli w tak przyrządzonym aparacie odkręcimy kurki i puścimy prąd elektryczny, to po pół godziny dostrzeżemy przy zakręconych kurkach, że wód i chlor zbierają się w jednakowej ilości i zajmują jednakową objętość. Aby zaś przekonać się, że to jest rzeczywiście wód i chlor, wystarczy kurki odkręcić i w znany nam sposób zbadać własności wydalających się gazów.

W zupełnie podobny sposób dokonać można elektrolizy amoniaku. Mówiliśmy już powyżej, że wodny roztwór tego ciała rozkłada się powoli pod wpływem elektryczności, prędkiej zaś, jeżeli do wody dodamy szczyptę soli kuchennej. Przekonano się, że doświadczenie najlepiej się udaje, kiedy do nasyconego roztworu soli kuchennej wlejemy nie więcej jak dziesiątą część pod względem objętości silnego roztworu amoniaku. Atoli używając soli kuchennej pozbawiamy siebie możności zastosowania elektrodów platynowych, ze względu na pewne następcze reakcje chemiczne, o których mówić będziemy dopiero w dalszym ciągu. Musimy tedy i tutaj posługiwać się tym samym przyrządem, zaopatrzonym w elektrody z węgla, który opisaliśmy, gdy szło o elektrolizę kwasu chlorowodowego. Żeby naprzód być pewnym o pomyślnym rezultacie, odkręcimy i tutaj kurki na pół godziny, puściwszy przedtém prąd elektryczny. Ponieważ jednak nie mamy potrzeby obawiać się absorpcji gazów, bo wywiązujące w danym razie pierwiastki słabo się rozpuszczają w wodzie, przeto téż nie ma się czego troszczyć o zachowanie stałego ciśnienia. Ciecz zawarta w obu ramionach rurki podczas półgodziny swobodnego wywiązywania się gazów, pochłonie ich tyle ile tylko będzie mogła; — jeżeli więc teraz kurki zakręcimy, dostrzeżemy, że na 1 objętość azotu, zebranego przy dodatnim biegunie, przypada 3 objętości wodu przy biegunie ujemnym. Że zaś to jest w istocie azot i wód, sprawdzić można w znany nam sposób po odkręceniu kurków.

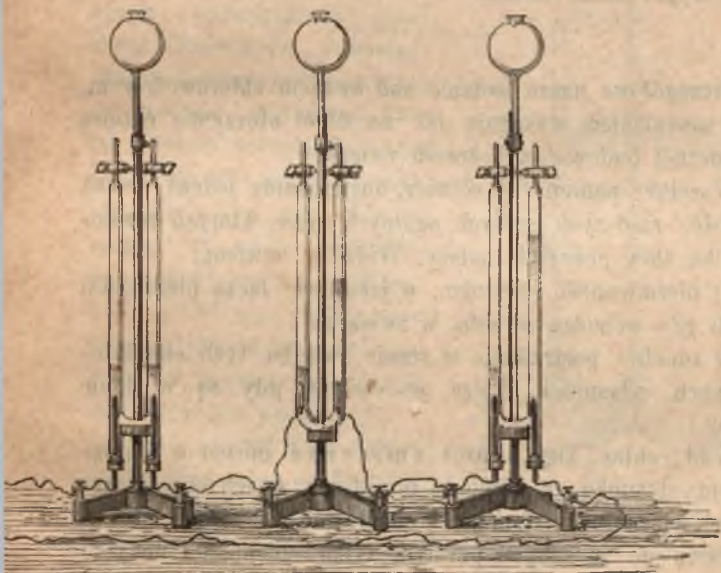
Fig. 62.



Na mocy elektrolizy otrzymaliśmy zatem te same rezultaty, co i przedtém, kiedyśmy w inny sposób badali objętościowy stosunek. Śmiało więc orzec możemy, że poznaliśmy dokładnie naturę kwasu chlorowodowego, wody i amoniaku. Z tém wszystkiém nie mamy potrzeby odmawiać sobie przyjemności dokonania równocześnie elektrolizy pomienionych trzech związków, zwłaszcza, że operacją tę zrobić możemy za pomocą tego samego prądu. Na ten cel ustawiamy wszystkie trzy

przyrządy w szeregu (fig. 62): naprzód aparat z elektrodami węgla, zawierający kwas chlorowodowy, następnie zwykły aparat z elektrodami platynowymi, zawierający wodę i wreszcie aparat taki sam jak pierwszy zawierający amoniak. Biegun dodatni baterji, idący od węgla, łączymy z aparatem kwasu chlorowodowego; biegun zaś ujemny, idący od cynku, z aparatem amoniaku. Między zaś jednym a drugim i drugim a trzecim przyrządem przeprowadzamy przewodnie druty, umocowane na słupkach mosiężnych, wśrubowanych do drewnianych podstawek. Zważywszy jednak, że bieg prądu w takich

Fig. 62.



warunkach napotyka na liczne przeszkody, wzmacniamy baterję, ustawiając co najmniej 12 do 16 ogniw cynku i węgla. Naprzód już możemy przewidzieć jaki będzie rezultat elektrolizy. Wszelako zajść może w umyśle naszym pewna wątpliwość: nie wiemy bowiem ażali mamy się spodziewać, że we wszystkich trzech aparatach zbierze się przy biegunie dodatnim jednakowa objętość chloru, tlenu i azotu, a przy biegunie ujemnym pojedyncza, podwójna i potrójna objętość wodu; czy

téż odwrotnie, objętość wodu będzie wszędzie jednakowa, a natomiast chloru zbierze się tyle co wodu, tlenu zaś połowę, a azotu zaledwie trzecią część tego co wodu? Doświadczenie okazuje, że drugie nasze przypuszczenie jest prawdziwe: przy biegunie ujemnym wywiązał się wód we wszystkich trzech aparatach w jednakowej objętości; gdy tymczasem przy biegunie dodatnim wywiązało się chloru tyle co wodu, tlenu połowę tego, a azotu trzecią część tylko. Na teraz zaznaczamy jeno ten fakt, tém chętniej, żeśmy przypuścili możebność jego, pomimo że w danéj chwili nie możemy zdać sobie sprawy ani z tego, dla czego on powstał, ani téż jakie ważne wnioski z niego wyprowadzić można.

Szczegółowe nasze badanie nad kwasem chlorowodowym, wodą i amoniakiem wykazują jak na dłoni olbrzymią różnicę w chemicznej budowie tych trzech związków.

Wszelako pomimo téj różnicy, dostrzegamy jednak pewną wspólność, rząd tych samych ogólnych praw, których rozbirowi kilka słów poświęcić należy. Widzimy bowiem:

1) niezmiennosc stosunku, w jakim się łączą pierwiastki w chwili gdy wchodzi ze sobą w związek; i

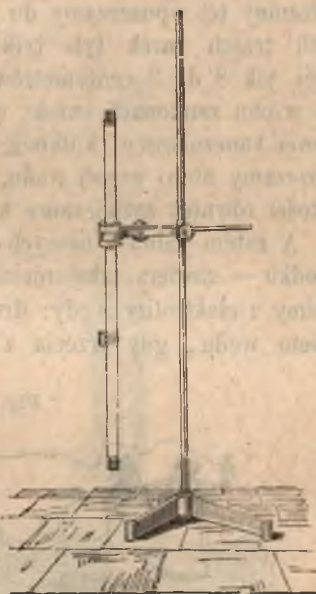
2) zupełne postradanie w stanie związku tych charakterystycznych własności, które je cechują gdy są w stanie wolnym.

Wód, chlor, tlen i azot zmieszać można w najrozmaitszym stosunku, a mimo to nie tracą swych charakterystycznych własności. Natomiast w chwili gdy wchodzi w związek, łączą się ze sobą w pewnym tylko stosunku i nie tylko tracą wszystkie swe dotychczasowe cechy, ale nadto — jako ciało złożone — przybierają inne, zupełnie do tamtych niepodobne.

Ta niezmiennosc w składzie chemicznych związków, jakoteż radykalna zmiana własności, potwierdza się we wszystkich bez wyjątku wypadkach. Co się tyczy niezmiennosci stosunku w łączeniu się pierwiastków, unaoznić ją można przy wytwarzaniu kwasu chlorowodowego i wody. Doświadczenie z kwasem chlorowodowym wykonywamy w następujący sposób: — Bierzemy

rukę otwartą z obu końców i zaopatrzoną w szklany kurek, który ją dzieli na dwie nierówne części (fig. 63). Z rurką tą wykonamy dwa eksperymenty. Pierwszy polegać będzie na tём, że zakręcimy kurek wypełnimy krótszą część rurki suchym gazem wodu i zatkamy szklanym korkiem; dłuższą zaś część rurki suchym gazem chloru i podobnież zatkamy szklanym korkiem, — poczem odkręcimy kurek i wystawimy rurkę na działanie rozproszonego światła. Gazy mieszają się społem i zaczynają się łączyć. Dla przyspieszenia reakcji poddamy rurkę pod wpływ bezpośrednich promieni słonecznych, a następnie wstawimy ją do naczynia z wodą i wyjmiemy korek: woda wtłoczy się natychmiast do wnętrza rurki i wypełni dwa razy tyle co krótsza jęj część. Pozostałą przestrzeń wypełnia gaz chlor, który, gwoli tego, że się rozpuszcza prawie tak łatwo jak kwas chlorowodowy, ustąpi także wkrótce przed wodą.

Fig. 63.



Drugi eksperyment wykonamy odwrotnie: do dłuższej części rurki wpuścimy wód, a do krótszej chlor, poczem będziemy postępowali tak jak poprzednio: wystawimy rurkę na działanie światła, następnie wstawimy do wody i wyjmiemy korek. Objętość wody w danym razie będzie się zupełnie równała objętości dostrzeganej na początku poprzedniego doświadczenia. Pozostałą zaś przestrzeń wypełniać teraz będzie wód.

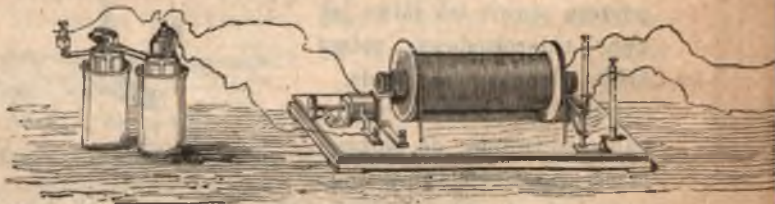
W obu tych przeciwstawnych doświadczeniach, wód z chlorem, lubo w rozmaitym stosunku zmieszany, mimo to w jednokowym się łączył. Nadmiar tak wodu jak i chloru nie wziął udziału w związku chemicznym.

Postaramy się teraz to samo prawo o niezmienności stosunku pierwiastków w związkach chemicznych potwierdzić na doświadczeniach z wodą.

W tym celu zastosujemy trzy rurki zgięte na kształt litery U, zaopatrzone w druty platynowe i w kurki szklane, wypełnione rtęcią i ustawione na odpowiednich podstawkach (fig. 64). Za pomocą elektrolizy wody, dokonanej w znanym już nam przyrządzie, otrzymamy mieszaninę wodu i tlenu w tym stosunku, w jakim oba te gazy złączone są w wodzie. Mieszaniny tej wpuszczamy do zalutowanego ramienia każdej z tych trzech rurek tyle tylko, żeby słup jej wynosił nie więcej jak 8 do 9 centymetrów, a po wyrównaniu poziomu rtęci w obu ramionach rurek, zaznaczamy objętość mieszaniny gazowej kauczukowym kółkiem. Następnie do jednej z rurek wpuszczamy nieco więcej wodu, a do drugiej tlenu, i naddane objętości również zaznaczamy w ten sam sposób.

A zatem jedna z naszych rurek — ta właśnie, która stoi w środku — zawiera taką mieszaninę wodu i tlenu, jaką otrzymaliśmy z elektrolizy wody; druga tę samą mieszaninę z nadatkiem wodu, gdy trzecia z nadatkiem tlenu. Puszczamy

Fig. 64.

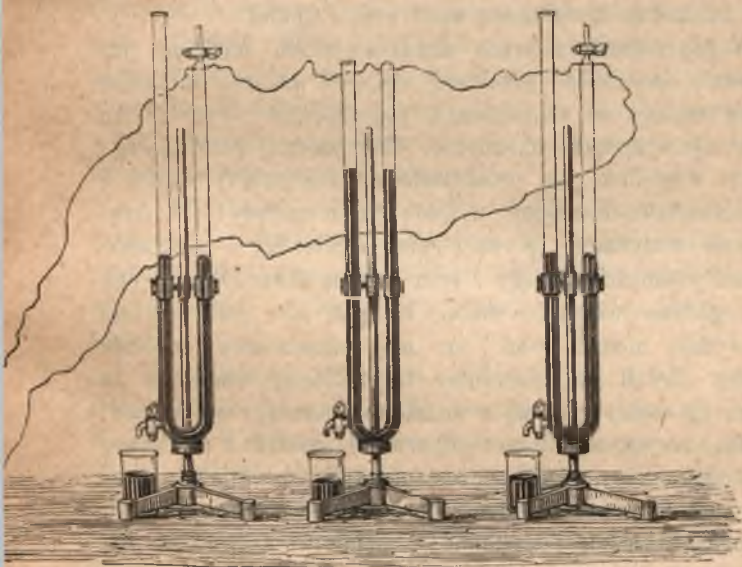


prąd elektryczny przez wszystkie trzy rurki, żeby wywołać połączenie się gazów; przedtem jednak dla zabezpieczenia się od wstrząśnienia zatkamy korkami otwory rurek. Po wyjęciu korków okazuje się, że w środkowej rurce ani śladu gazu; rtęć wypełnia aż do góry jej zalutowane ramię; gdy tymczasem w dwóch innych rurekach dostrzegamy u góry gaz, którego objętość, po zrównoważeniu poziomu rtęci, równa się zaznaczonemu przez nas naddatkowi wodu w jednej rurce, a tlenu w drugiej.

Widzimy tedy, że w trzech próbach, równocześnie dokonanych, wód i tlen połączyły się ze sobą w tym tylko stosunku, w którym pierwotnie wywiązane zostały z wody; nadmiar zaś tak tlenu jak i wodu nie wziął udziału w reakcji chemicznej.

Robiąc to doświadczenie, trzeba się nieco mieć na baczności, albowiem łączenie się gazów odbywa się gwałtownie, z wybuchem. Aby zapobiedz wstrząśnieniu, wlewamy do rurek, w których jest nadmiar bądź wodu bądź tlenu, trochę więcej

Fig. 64.



rtęci i rurkę zatykamy korkiem, bacząc przytém, aby między rtęcią a korkiem pozostał słup powietrza od 8 do 10 centymetrów długi; sprężystość powietrza przytłumia cokolwiek gwałtowne wstrząśnienie cieczy w rurkach. W rurce środkowej, gdzie wód i tlen znajdują się w tym samym stosunku co w wodzie, może rtęć w chwili skraplania się wody uderzyć tak gwałtownie w szczyt rurki, że rozbije ją w kawałki. Zapobiegniemy temu, jeżeli otwarte ramię rurki wypełnimy rtęcią aż po sam otwór i zakorkujemy, a następnie odkręcimy

u dołu kurek i wypuścimy tyle rtęci, że jej słup w zalutowaném ramieniu będzie co najwięcej wynosił 10 lub 12 centymetrów po nad zgięciem rurki. W ten bowiem sposób gazy tak się rozszerzą, a ich naprężenie tak się zmniejszy, że nawet w skutek chwilowego podwyższenia temperatury podczas połączenia nie zdołają przewyższyć o wiele ciśnienia atmosfery. Nie ma się zaś czego obawiać uderzenia rtęci o szczyt rurki, bo to mogłoby tylko w takim razie nastąpić, gdyby między rtęcią a kurkiem powstała próżnia. Po wybuchu korek należy zwolna wyjmować, tak aby powietrze powolnie wchodziło do wnętrza rurki, bo i teraz jeszcze gwałtowne podniesienie się rtęci w zalutowaném ramieniu może rozbić aparat.

W poprzednich naszych doświadczeniach mieliśmy już wielokrotnie sposobność przekonać się, jak ważne i radykalne zachodzą zmiany we własnościach pierwiastków w chwili ich łączenia się w związki chemiczne. Cóż bardziej pouczającego pod tym względem jak przekształcenie mieszaniny chloru i wodu w związek chemiczny, w kwas chlorowodowy! W mieszaninie — otrzymanej np. za pomocą elektrolizy — nietrudno rozpoznać własności każdego z tych pierwiastków. Okazuje ona bowiem główną własność wodu, bo pali się; jest przytém żółtą, wydała niemiłą woń i ma moc odbarwiania, zupełnie jak chlor. Jeżeli do mieszaniny tej nalejemy wody, to ta składowa jej część, która się w wodzie rozpuszcza, zostanie absorbowaną, barwa, woń i moc odbarwiania pomału i stopniowo znikać będzie, aż w końcu pozostanie tylko bezwonny i bezbarwny wód. Ale oto na mocy którejkolwiek ze znanych nam metod przekształcamy mieszaninę w chemiczny związek, a zamiast żółtawo-zielonego, odbarwiającego, rozpuszczającego się w wodzie i wydającego nieprzyjemną woń chloru; i zamiast bezwonnego i palącego się wodu, mamy gaz bezbarwny, niepalący się i nieposiadający najmniejszej mocy odbarwiania.

To samo okaże się, jeżeli porównamy własności pierwiastków wody z jej własnościami; bo ani ona płonie, tak jak wód, ani też podtrzymuje palenia się ciał, tak jak tlen.

Niemniej radykalnej zmiany doznają własności wodu i azotu, kiedy pierwiastki te łączą się w amoniak. Dwa pierwiastkowe gazy, bez woni i bez smaku, nierozpuszczalne w wodzie,

niewywierające żadnego wpływu na barwy roślinne, gdy się połączą, wydają uduszającą woń i mają smak nieprzyjemny, są zdolne zaczerwieniony papier lakmusowy przekształcić ponownie w niebieski, i przytém tak chciwie są absorbowane przez wodę, że ciecz ta do naczynia, zawierającego amoniak w stanie gazowym, wtlacza się jak gdyby do próżnej przestrzeni.

Wymienione tu zmiany własności dość dobitnie wykreślają różnicę między mechaniczną mieszaniną a chemicznym związkiem. W mechanicznej mieszaninie pierwiastki znajdować się mogą w najrozmaitszym wzajemnym stosunku, gdy w związku chemicznym sprzęgają się ze sobą w pewnym tylko, niezmiennym stosunku objętości i ciężaru. Mechaniczna mieszanina okazuje pośrednią własność czyli wypadkową ze zmieszania własności składających ją części, gdy w związku chemicznym niktą własności pierwiastków, a ich indywidualność ustępuje miejsca cechom zupełnie nowym.

Istnienie téj różnicy między mechaniczną mieszaniną a chemicznym związkiem naprowadza nas na myśl zbadania warunków, w których z mieszaniny związek powstaje. Zbadajmy więc naprzód te warunki na kwasie chlorowodowym i na wodzie.

Mechaniczna mieszanina chloru i wodu w tym stosunku, jaki otrzymujemy z elektrolizy kwasu chlorowodowego, starannie ukryta w ciemni, istnieć może długie czasy, nie doznając żadnej zmiany. Natomiast pod wpływem zwykłego światła dziennego przekształca się w związek chemiczny w przeciągu kilku godzin, a w jednej chwili pod wpływem bezpośrednich promieni słonecznych lub sztucznych światła; połączenie odbywa się wtedy gwałtownie, z wybuchem, który niekiedy rozrywa w kawałki aparat. Wreszcie natychmiastowe połączenie wodu i chloru wywołać także można za pomocą iskry elektrycznej lub palącego się ciała; także i w tych razach następuje wybuch.

Mechaniczną mieszaninę wodu i tlenu znacznie trudniej przekształcić w chemiczny związek. Nie zdołano np. dotychczas połączyć tych gazów pod wpływem promieni słonecznych. Jednakże pod wpływem elektrycznej iskry lub palącego się ciała przekształcają się natychmiast w wodę.

Z podanych tu przykładów wnosić należy, że mechaniczne mieszaniny przeobrażają się w chemiczne związki często pod wpływem światła, a częściej jeszcze pod wpływem ciepła. Wszelako wniosek ten, wyprowadzony z badań nad kwasem chlorowodowym i wodą, nie daje się zastosować do amoniaku, gdyż, jak wiemy, nie wykryto dotąd żadnego sposobu, aby mieszaninę wodu i azotu przekształcać w chemiczny związek. Właśnie wyjątkowa ta niemożebność dokonania bezpośredniej syntezy amoniaku, każe nam podnieść przede wszystkim tę okoliczność, że warunki, gwoli których z mechanicznej mieszaniny powstaje kwas chlorowodowy i woda, biorą najczęściej udział w powstawaniu wielu innych związków chemicznych, i że ciepło w tej sprawie odgrywa najgłówniejszą rolę. W dalszym ciągu niniejszego dzieła, kiedy będziemy szczegółowo badali rozmaite inne pierwiastki, nadarzy się nam niejednokrotnie sposobność potwierdzić wypowiedziane tu zdanie i zarazem sprawdzić to, co już widzieliśmy w tych kilku wykonanych przez nas doświadczeniach, że powstawaniu chemicznych związków towarzyszy zwykle rozwój ciepła i światła.

IV.

Chemiczne symbole. — Ich znaczenie. — Symbole graficzne. — Symbole z liter i symbole z liczb. — Porównanie jednych z drugimi. — Potrzeba nadania symbolom i formułkom absolutnej wartości tak pod względem objętości jak i ciężaru. — Wybór systemu miar i wag dla wyrażenia jednostki tej absolutnej wartości. — Trudność wyboru. — Systemat metryczny. — Powody dla których dajemy mu pierwszeństwo. — Porównanie tego systematu z miarami i wagami Pruskiemi i Austrjackiemi. — Ciężar litru wodu czyli Kryt. — Ciężar gatunkowy pierwiastków i związków wyrażony w krytach oznacza absolutny ciężar litru gazu przy temperaturze 0°C. i przy ciśnieniu barometrycznym 0^m,76.

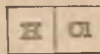
Wszystko to cośmy się dowiedzieli na mocy powyżej opisanym doświadczeń o chemicznym składzie kwasu chlorowodowego, wody i amoniaku, da się wyrazić w umyślnie na ten cel wybranych symbolach. Symboliczne to przedstawianie chemicznych procesów przynosi nauce tak wielką korzyść i jest tak niezbędną podwaliną chemicznej nomenklatury, że pomimo iż mnóstwo innych ważnych rzeczy ściąga na siebie naszą uwagę, przecież opisowi tych symbolów musimy dać pierwszeństwo.

W tym celu mamy zamiar równe objętości wodu, chloru, tlenu i azotu (wymierzone przy tych samych warunkach temperatury i ciśnienia) oznaczyć przez kwadraty, w które wpisujemy początkowe litery łaćnińskiej nazwy tych pierwiastków,

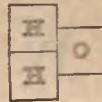
i tak H dla wodu (Hydrogenium), Cl dla chloru, O dla tlenu (Oxygenium) i N dla azotu (Nitrogenium). W dalszym ciągu wytłomaczymy dla czego używamy innego rodzaju pisma, zwanego wodnym w języku drukarzy.

Umówiwszy się co do tego, snadno zdołamy przedstawić graficznie chemiczny skład kwasu chlorowodowego, wody i amoniaku :

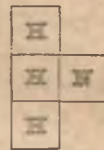
Kwas chlorowodowy.



Woda.

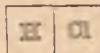


Amoniak.

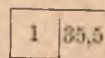


Jeżeli teraz w takie same kwadraty wpisujemy, zamiast początkowych liter nazwy pierwiastków, ich ciężar objętościowy, otrzymamy szereg symbolów liczbowych, które wespół z tantymi dadzą nam równania, gdzie z jednej strony będą wyrażone objętości, z drugiej zaś ciężary, według których pierwiastki łączą się ze sobą w pomienione trzy chemiczne związki.

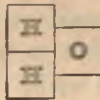
Kwas chlorowodowy.



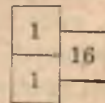
=



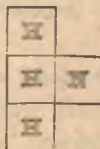
Woda.



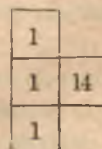
=



Amoniak.



=



Tym sposobem nietylko mamy wykaz objętościowego składu związków, ale także ich składu według ciężaru elementów. Jeżeli liczby te dodamy:

$$1 + 35,5 = 36,5$$

$$1 + 1 + 16 = 18$$

$$1 + 1 + 1 + 14 = 17$$

okaże się, że skład kwasu chlorowodowego według ciężaru wynosi 36,5, wody 18, a amoniaku 17. — Za pomocą prostego rachunku obliczyć można procentowy skład tych trzech związków. Dla kwasu chlorowodowego otrzymamy:

$$36,5 : 1 = 100 : x$$

$$x = \frac{100}{36,5} = 2,74 \text{ części wodu według ciężaru}$$

a $100 - 2,74 = 97,26$ części chloru „ „
zawartych w $100,00$ częściach kwasu chlorowodowego.

Dla wody:

$$18 : 2 = 100 : y$$

$$y = \frac{200}{18} = 11,11 \text{ części wodu według ciężaru}$$

$100 - 11,11 = 88,89$ części tlenu „ „
zawartych w $100,00$ częściach wody.

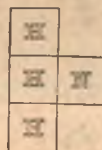
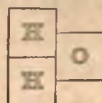
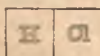
I wreszcie dla amoniaku:

$$17 : 3 = 100 : z$$

$$z = \frac{300}{17} = 17,64 \text{ części wodu według ciężaru}$$

a $100 - 17,64 = 83,36$ części azotu „ „
zawartych w $100,00$ częściach amoniaku.

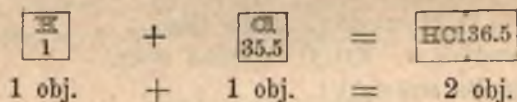
Owoż jeżeli przyzwyczajmy się sprzągać w pamięci objętościowy ciężar pomienionych pierwiastków z początkową literą ich nazwy, natenczas wszystko to, co dowiedzieliśmy się o łączeniu się tych pierwiastków w związki takie, jak kwas chlorowodowy, woda i amoniak, zdołamy odczytać z tych prostych symbolów,



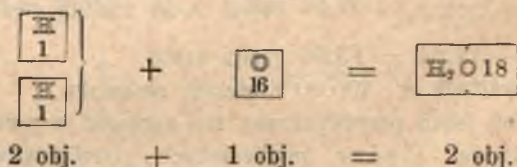
których konwencjonalne znaczenie objaśniliśmy na początku niniejszego wykładu.

Atoli symboliczne to przedstawienie połączeń wodu można jeszcze uzupełnić; możemy bowiem do tych Kwadratów wpakować symbole jeszcze innych zjawisk, wykrytych w uprzednich naszych doświadczeniach. Przypominamy sobie mianowicie, że 1) wód i chlor łączą się bez zgęszczenia, gdyż 1 objętość wodu z 1 objętością chloru tworzy 2 objętości kwasu chlorowodowego; że 2) przy połączeniu się wodu z tlenem objętość złożonego ciała zgęszcza się do $\frac{2}{3}$, bo 2 objętości wodu wespół z 1 objętością tlenu (a zatem razem 3 objętości) tworzą tylko 2 objętości pary wodnej; i wreszcie że 3) wód i azot łącząc się społem, zgęszczają się jeszcze bardziej bo do $\frac{1}{2}$, gdyż 3 objętości wodu i 1 objętość azotu (zatem razem 4 objętości) tworzą jeno 2 objętości amoniaku. Wszystkie te fakty z doświadczenia wzięte unaocznić można w następujących równaniach:

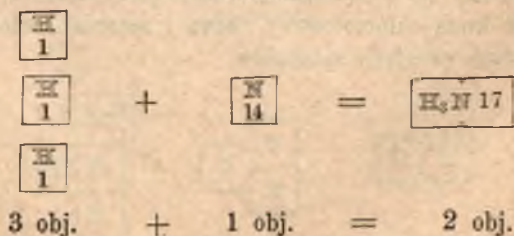
Kwas chlorowodowy.



Woda.



Amoniak.



Symboliczne te równania okazują nam jak rozmaite ciężary pomienionych związków zawarte są w tój samój przestrzeni, przy tych samych warunkach temperatury i ciśnienia. Nadto okazują nam stosunek tych ciężarów do ciężaru równych objętości pierwiastkowych składników. Bo jeżeli ciężar objętości wodu równa się 1, to

ciężar podwójnej objętości kwasu chlorowodowego = 36,5

" " " pary wodnej = 18

" " " amoniaku = 17

a dzieląc po połowie ciężar podwójnej objętości, otrzymamy ciężar objętości pojedynczej czyli ciężar gatunkowy tych trzech związków:

$$\frac{36,5}{2} = 18,25 \text{ dla kwasu chlorowodowego}$$

$$\frac{18}{2} = 9 \text{ dla pary wodnej}$$

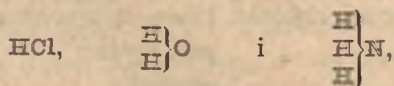
$$\frac{17}{2} = 8,5 \text{ dla amoniaku.}$$

Nie łatwiejszego jak doświadczalnie sprawdzić obrachowane tu ciężary; naturalnie sprawdzenie to będzie tylko w przybliżeniu dokonane, bo wykaże nam, że kwas chlorowodowy jest cięższy niż powietrze, a para wodna i amoniak lżejsze. Kwas chlorowodowy, lubo trudniej niż chlor, przecież można przelać z jednego naczynia do drugiego, jak to okazuje figura 65; że para wodna unosi się w górę, wiemy o tём wszyscy; ale o czём może nie wszyscy wiedzą, a co na doświadczeniu okazać można, to to, że amoniak daje się jak wód przelać z naczynia trzymanego w pozycji prawie poziomej do naczynia stojącego prawie pionowo (figura 66 str. 74).

Fig. 65.



Zbytecznym może byłoby nadmieniać, że nasze symbole wpisane w kwadraty są tylko jakby punktem zaczepnym dla dalszych naszych rozumowań; i że teraz, kiedy już zapamiętaliśmy ich znaczenie, możemy grafikę pominąć, a sumę naszych wiadomości o kwasie chlorowodowym, o wodzie i o amoniaku wyrazić za pomocą następujących prostych formułek:



albo nawet jeszcze w prostszy sposób:



Mając w pamięci znaczenie symbolów wyrażających pierwiastki, jeżeli teraz zastanowimy się nad tém, że formułki, wyrażając związki, oznaczają ciężary równych objętości, ale objętości zajmujących dwa razy taką przestrzeń, co objętości pierwiastków, natenczas z powyższych formułek dowiadujemy się:

1. Nazwę i liczbę pierwiastków, biorących udział w składzie kwasu chlorowodowego, wody i amoniaku;
2. Stosunek objętościowy tych pierwiastków;
3. Ich stosunek ciężarowy;
4. Stosunek objętości każdego związku po jego utworzeniu do objętości jego składników przed ich połączeniem;
5. Ciężar objętościowy czyli gatunkowy ciężar każdego związku (w stanie gazowym czyli lotnym) w odniesieniu do wodu przyjętego jako jedność.

Fig. 66.



Badając stosunek objętości i ciężaru połączeń wodu z chlorem, tlenem i azotem w celu utworzenia kwasu chlorowodowego, wody i amoniaku, numeryczny rezultat naszych poszukiwań wyrażaliśmy w odniesieniu do wodu, przyjętego jako jednostka objętości i ciężaru, nie troszcząc się bynajmniej o wybór jakiegokolwiek bądź objętości stale oznaczonej,

której ciężar byłby miarą porównawczą do wyrażania wagi. Jednakże wybranie takiej stałej miary nadałoby symbolom naszym i formułkom absolutną wartość i podniosłoby ich znaczenie praktyczne, ułatwiając możność ich zastosowywania w życiu. Zachodzi tedy pytanie, który systemat wybierzemy z pośród mnóstwa istniejących systematów mierniczych? Boć przecie jeden którykolwiek wybrać musimy dla wyrażenia tej niezbędnej dla nas jednostki miary. Owoż nie tak łatwo odpowiedzieć na to pytanie, a niepodobna prawie bez rozpatrzenia bliżej tej sprawy. Samo jej bowiem potrącenie nasuwa przed nami tysiące przeróżnych przeszkód, wynikających w skutek tego, że nie ma ani jednego systemu miar i wag, któryby był przyjęty przez wszystkie cywilizowane narody i używany zarówno w nauce jak w przemyśle i w rzemiosłach. Zamiast zaś tego mamy w każdym kraju, a nawet w każdej prowincji osobny systemat, w skutek czego wytworzyło się takie mnóstwo jednostek miary, że samém ich wyliczeniem zapisalibyśmy gruby tom. Dodajmy jeszcze do tego, że jakby dla zwiększenia zamieszania w tych sprawach, niektóre miary i wagi, jak funt, stopa, kwarta, noszą tę samą nazwę w rozmaitych krajach, lubo w każdym zupełnie inną mają wartość.

Doprawdy, że nie możemy się stać winni przesady, jeżeli powiemy, że ten brak jedności w systemie miar i wag, stawia nieprzebyte zapory wszelkim próbom zbierania i porównywania tego, co rozmaite narody w życiu swém dziejowém doświadczyły na polu przemysłu, handlu i rękodzieł. Najgorliwsze usiłowania rozbijają się o brak wspólnej miary do oceniania zjawisk, a pomimo nagromadzonego materiału, niepodobna wyprowadzić z niego wniosków, bo nie ma tej szerokiej podstawy faktów, zredukowanych do jednego mianownika, któreby stać się mogły podwaliną prawdziwej umiejętności. Ileż to czasu i pracy kosztuje zestawienie porównawcze badań dokonywanych choćby tylko w trzech krajach, we Francji, Anglii i Germanji! A ileż to kapitału pracy ludzkiej marnie przepada właśnie w skutek tego, że takie porównawcze zestawienie bywa częstokroć zaniedbywane i że przez to doświadczenia jednego narodu są niedostępne dla innych narodów. Stąd zatem prosty

wniosek, że powinniśmy dążyć wszystkimi siłami do zaprowadzenia wspólnych miar i wag, żeby już raz koniec położyć temu zamieszaniu i dojść do możności porównawczego badania pracy wszechludzi.

Po tém zбочzeniu, które zdawało się nam niezbędnie potrzebne, wracamy ponownie do pytania, któreśmy sobie powyżej zadali: — który systemat wybierzemy, aby naszym symbolom i formułkom nadać znaczenie absolutnej wartości? Pomimo że opinie uczonych, a nawet i chemików, są pod tym względem bardzo podzielone, jednakże my decydujemy się stanowczo za przyjęciem metrycznych miar francuzkich. Systemat ten gwoli nieskończonej prostoty, wywalczył sobie uznanie w całym prawie świecie, a odkąd rządy niektórych krajów nadały mu sankcję prawną, wprowadzony został w życie codzienne. U innych zaś ludów Europy, u których jeszcze uznania nie znalazł, dostrzegamy z każdym dniem coraz silniejszą tendencją do przyjęcia go; byłoby więc lekkomyślném z naszej strony, gdybyśmy chcieli kroczyć przeciw popędowi ogółu i odrzucać to, co wkrótce prawdopodobnie usunie dotychczasowe zamieszanie.

W uprzednich wykładach mieliśmy mało sposobności mówić o absolutnych miarach i wagach; atoli w dalszym ciągu niniejszego dzieła przyjdzie się nam wielokrotnie o tém wspominać. Nie zaszkodzi przeto, jeżeli opiszemy na czém polega metryczny systemat francuzki, do którego terminów będziemy zmuszeni odwoływać się często.

Systemat ten zarówno stosuje się do mierzenia długości, powierzchni, przestrzeni, jakoteż do ważenia tego co przestrzeń wypełnia, to jest do ciężaru. Podstawą jego jest jednostka linearna, zapożyczona od najprostszej ze wszystkich umiejętności, od astronomji. Linearną tą jednostką jest czterdziestomiljonowa część okręgu ziemi. Częstkę tę nazwano metrem (od μέτρον, miara); ona zaś, jako podstawa wszystkich dalszych rozgałęzień systematu francuzkiego miar i wag, nazwę swą nadała całemu systematowi. Na mocy decymalnego podziału można jednostkę tę ukrócić lub wydłużyć, czyli innemi słowy można ją pomnożyć lub podzielić przez 10, 100, 1000 itd. i tym sposobem otrzymać skalę do mierzenia przedmiotów

mikroskopowych rozmiarów jak i do wyznaczenia olbrzymich dróg opisywanych przez ciała niebieskie.

Konsekwentnie krocząc tą samą drogą, przyjęto metr kwadratowy jako jednostkę do mierzenia powierzchni czyli płaszczyzny, a mnożąc go lub dzieląc decymalnie, otrzymano skalę, którą fizyk może zastosowywać do mierzenia płaszczyzn maluczkich, mikroskopowych, a geograf do wyznaczenia olbrzymich powierzchni kontynentu. Wreszcie na téj samej zasadzie budując sześcian na podstawie kwadratowego metru, i dzieląc lub mnożąc decymalnie ten sześcian, otrzymano skalę do wymierzania przestrzeni bądź wypełnionej materją, bądź próżnej. Taki sześcienny metr mnożymy przez miliony i otrzymujemy przestwór, w który oceany mogą się pomieścić, a dzielimy przez milion i otrzymujemy miarę równą sześcianowi, używanemu do gry w kości.

Właśnie ten mały sześcian, będący milionową cząstką sześciennego metra, wypełniony destylowaną wodą, daje nam metryczną jednostkę ciężaru: gram. Tutaj dopiero odsłania się cała potęga i genialność myśli, co zrodziła metryczny systemat francuski. Co za prostota, a jakąż doniosłość praktyczna! Mierzenie objętości i ciężaru odbywa się spodem; rozmaite wartości, wyrażone w cyfrach, dają się bezpośrednio porównywać i ułatwiają tym sposobem rozstrzygnięcie tysiąca zadań bądź teoretycznych bądź praktycznych, dostarczanych umiejętnością lub napotykanym w życiu.

Decymalne mnożenie i dzielenie gramu obdarza nas skalą do mierzenia ciężaru. Miljonowa cząstka gramu nie zdoła obciążyć najdelikatniejszych wag; gdy tymczasem gram pomnożony przez milion służy do ważenia wielkich ciężarów. Z tysiączną cząstką gramu manipuluje chemik, gramu pomnożonego przez tysiąc używa handlarz i rzemieślnik; wreszcie astronom, gdy idzie mu o wyznaczenie ciężaru ciał niebieskich, mnoży gram przez miliony milionów. Skala taka umożliwia bezpośrednie porównanie ruchu gwiazd z ciężarem takich substancyj, które jeno na najdelikatniejszych wagach chemicznych zważyć się dają.

Atoli nie będzie zbyt cennym jeżeli wejdziemy w szczegóły metrycznego systematu, a głównie zaznajomimy się z jego

nomenklaturą, która również jest prosta, jak i sam systemat. Aby się jej wyuczyć potrzeba tylko zachować w pamięci nazwę jednostek długości, płaszczyzny, powierzchni i ciężaru, i następnie zanotować sobie, że dodatkowe wyrazy pochodzenia greckiego oznaczają dziesiętne mnożenie, a wyrazy pochodzenia łacińskiego dziesiętne dzielenie. Greckie wyrazy są deka, hekto, kilo i oznaczają mnożenie przez 10, 100 i 1000; wyrazy zaś łacińskie są deci, centi i milli i wyrażają dzielenie przez 10, 100 i 1000. Jeżeli więc metr, jednostkę miary długości, pomnożymy lub podzielimy przez 10, 100 i 1000, to stosownie do powyższej nomenklaturalnej zasady otrzymamy następujące nazwy:

Miara długości.

Jednostka = 1 metr.

	Metr.		Metr.	
Metr	= 1	Metr	= 1	
Dekametr	= 10	Decymetr	= 0,1	czyli $\frac{1}{10}$ metra.
Hektometr	= 100	Centymetr	= 0,01	" $\frac{1}{100}$ "
Kilometr	= 1000	Millimetr	= 0,001	" $\frac{1}{1000}$ "

W szeregu greckich wyrazów mamy zatem nazwy do oznaczenia jednostki wziętej dziesiętkrotnie, stokrotnie i tysiąc-krotnie; w szeregu zaś wyrazów łacińskich mamy nazwy do oznaczania dziesiątej, setnej i tysięcznej części jednostki. W greckim szeregu pierwszy wyraz, metr, i ostatni, kilometr, bywają najczęściej używane; metr odbywa te same usługi co łokieć, a kilometr te same co mila; za to pośrednie terminy, dekametr i hektometr, rzadziej są potrzebne. Natomiast wyrazy łacińskiego szeregu są w codziennym użytku i zastępują miejsce stóp i cali, wespół z podziałkami tychże.

W mierzeniu płaszczyzn, brył, pojemności ciał i ich ciężaru postępujemy zupełnie tak samo jak powyżej. Jednakże ponieważ metr kwadratowy jest zbyt małym do wymierzania dużych parceli, przeto jako jednostkę miary bierzemy dekametr kwadratowy to jest kwadrat, którego każdy bok ma 10 metrów, a którego powierzchnia równa się 100 kwadratowym metrom. Powierzchnię tę nazwano a rem (area). Zastosowując do aru te same greckie i łacińskie nazwy, otrzymamy skalę do mierzenia dużych parceli.

Miara powierzchni (duża skala).

Jednostka = 1 ar.

Ar. Metr kwadratowy.			Ar. Metr kwadr.		
Ar	=	1 = 100	Ar	=	1 = 100
Dekar	=	10 = 1000	Decyar	=	0,1 = 10
Hektar	=	100 = 10000	Centyar	=	0,01 = 1
Kilar	=	1000 = 100000	Milliar	=	0,001 = 0,1

Ze wszystkich tych miar, ary i hektary są najczęściej używane. Centyar równa się kwadratowemu metrowi, którego podziały służą do mierzenia mniejszych powierzchni.

Miara powierzchni (mała skala).

Jednostka = 1 metr kwadratowy.

Metr kwadr.	
Metr kwadratowy	= 1
Decymetr "	= 0,01
Centymetr "	= 0,0001
Millimetr "	= 0,000001

Do mierzenia przestrzeni i pojemności ciał używa się sześcianu, którego podstawą jest albo decymetr kwadratowy albo też metr kwadratowy. Sześcián zbudowany na decymetrze kwadratowym, będący zatem decymetrem sześciennym, otrzymał nazwę litru (od wyrazu *λίτρον*, będącego nazwą pewnej miary greckiej). Liter jest podstawą następujących szeregów:

Miara objętości i pojemności (mała skala).

Jednostka = liter.

Litr.		Litr.	
Litr	= 1	Litr	= 1
Dekalitr	= 10	Decylitr	= 0,1 czyli $\frac{1}{10}$ litra.
Hektolitr	= 100	Centylitr	= 0,01 " $\frac{1}{100}$ "
Kilolitr	= 1000	Millilitr	= 0,001 " $\frac{1}{1000}$ "

W szeregach tych podane miary służą przeważnie do mierzenia pojemności ciał i zastępują miejsce naszych garncey, kwart i kwaterek. Największa miara z tego szeregu (kilolitr) równa się sześciennemu metrowi, używanemu jako

jednostka do mierzenia większych ciał. Najmniejsza zaś miara (millilitr) równa się sześciennemu centymetrowi, pod którego téż nazwą jest powszechnie znana.

Miara objętości i pojemności (duża skala).

Jednostka = 1 metr sześcienny.

	Metr sześcienny.	Metr sześcienny.
Metr sześcienny =	1	Metr sześcienny = 1
Dekametr „ =	1,000	Decymetr „ = 0,001
Hektometr „ =	1,000,000	Centymetr „ = 0,000,001
Kilometr „ =	1,000,000,000	Millimetr „ = 0,000,000,001

Metr sześcienny używany bywa zwykle do mierzenia ciał stałych jak np. drzewa, gwoli czego otrzymał nazwę steru (od στερεός, stały, stężyły, twardy). Do nazwy tej można dodawać znane nam wyrazy greckie i łacińskie; jednakże w użyciu są tylko wyrazy: dekaster i decyster.

Jako punkt wyjścia do ważenia ciężarów użyli Francuzi destylowaną wodę w temperaturze 4°C. (bo przy tej temperaturze woda jest najgęstsza) i wypełnili tą wodą centymetr sześcienny będący miljonową częścią metra sześciennego, a równy millilitrowi. W próżnej przestrzeni i przy temperaturze 4°C. zważono centymetr sześcienny wody i wadze tej nadano nazwę gram od γράμμα, nazwa ciężarku, używanego w Grecji. Wyraz γράμμα pochodzi od γράω, pisać, i zastosowanie swe do oznaczenia ciężaru zawdzięcza prawdopodobnie temu, że na metalowym ciężarku musiała być wypisana jego miernicza wartość. Za pomocą łacińskich i greckich liczebników tworzą się następujące szeregi:

Ciężary.

Jednostka = 1 gram.

	Gram.		Gram.
Gram =	1	Gram =	1
Dekagram =	10	Decygram =	0,1 czyli $\frac{1}{10}$ grama.
Hektogram =	100	Centygram =	0,01 „ $\frac{1}{100}$ „
Kilogram =	1000	Milligram =	0,001 „ $\frac{1}{1000}$ „

Wszystkie wyrazy ostatniego szeregu są w codziennym użytku w chemji; wszystkie zaś szeregu pierwszego, oprócz

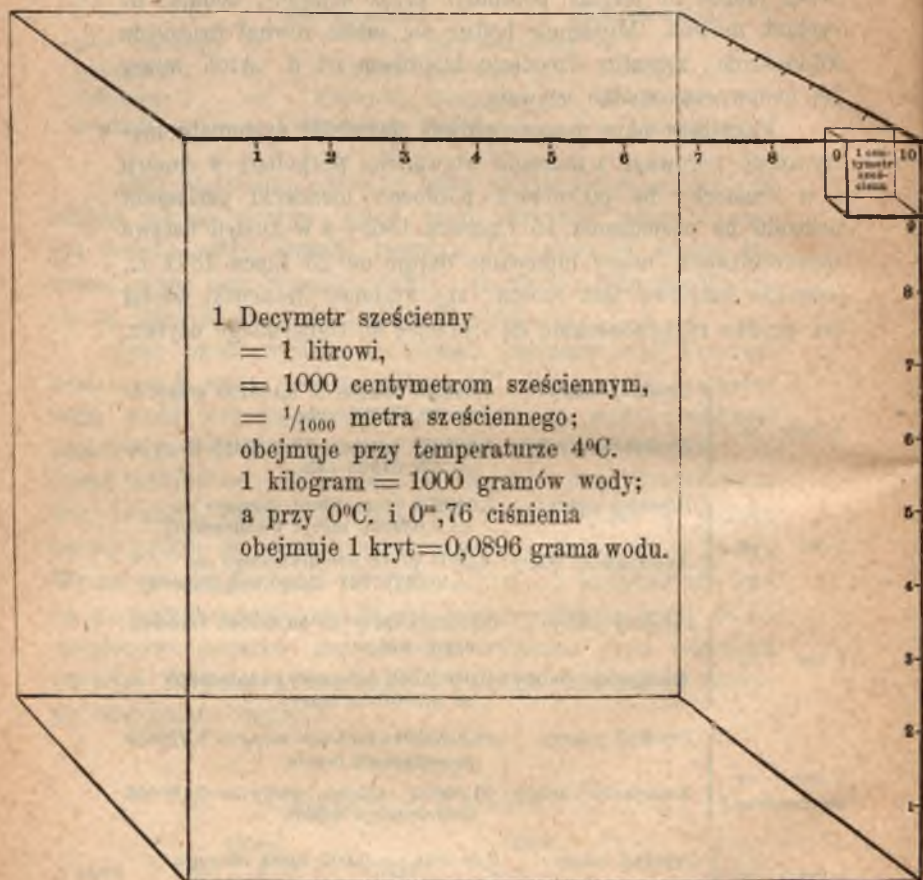
gramu, używane są bezustannie w handlu, szczególnie kilogram, który jest ciężarem sześciennego decymetru wody czyli litru przy temperaturze 4°C.

Największa miara w naszych szeregach powstała z dodania liczebника kilo do nazwy, stanowiącej jednostkę miary. Owoż można to jeszcze pomnożyć przez dziesięć, dodając liczebnik miria. Miriametr będzie się zatem równał dziesięciu kilometrom, mirialitr dziesięciu kilolitrom i t. d. Atoli miary téj nadszyczą rzadko używają.

Pozostaje nam jeszcze główne jednostki systematu metrycznego porównać z miarami używanymi pospolicie w Austrii i w Prusiech, bo jakkolwiek północno-niemiecki parlament uchwalił na posiedzeniu 15 Czerwca 1868, a w Austrii ustawa zaprowadzająca miary metryczne datuje od 23 Lipca 1871 r., jednakże wątpliwą jest rzeczą, aby systemat francuski zdołał tak prędko rozpowszechnić się i przejść do codziennego użytku.

1 metr =	{	Pruskiej miary: 1,499387 łokcia = 3,186190 stopy = = 38,234388 cala.
	{	Austrjackiej miary: 1,286077 łokcia = 3,1637496 stopy = = 37,964995 cala.
1 ar =	{	Pruskiej miary: 7,049905 preta kwadratowego = = 0,039166 morgi kwadratowej.
	{	Austrjackiej miary: 6,9509 preta kwadratowego = = 0,01737727 morgi kwadratowej.
1 litr =	{	Pruskiej miary: 0,87336 kwarty = 55,893542 sześciennego cala.
	{	Austrjackiej miary: 0,01626365 mierzycy wiedeńskiej = = 0,7068515 masy.
1 ster =	{	Pruskiej miary: 32,34585914 sześcienn. stopy = 3,370869 sześciennego łokcia.
(metr sześcienn.)	{	Austrjackiej miary: 31,66695 sześcienn. stopy = 0,146606 sześciennego sążnia.
1 gram =	{	Pruskiej miary: 0,06 łóta = 0,002 funta cłowego.
	{	Austrjackiej miary: 0,06 łóta = 0,002 funta cłowego.

Z pośród wszystkiego tego najważniejsze są dla nas jednostki objętości i ciężaru, litr i gram. Wprawdzie i jednostki długości (metr) stosujemy niekiedy, jak naprzykład do wyrażenia wysokości barometru (0^m,76).



Wracamy tedy ponownie do naszego pytania: jaką jednostkę wybierzemy do wyznaczania i porównywania absolutnego ciężaru konkretnych objętości gazów?

Na ten cel — zdaniem naszym — najlepiej jest posługiwać się sześciennym decymetrem czyli litrem. W umieszczonym tu perspektywicznym rysunku przedstawiliśmy przednią stronę sześciennego decymetru w naturalnej wielkości. Jako jednostkę ciężaru przyjmujemy sześcienny decymetr, litr, wypełniony wodą przy normalnych warunkach temperatury i ciśnienia, a zatem przy temperaturze 0°C. i przy barometrycznej wysokości 0^m,76.

Ciężar litru w pomienionych warunkach wynosi 0,0896 grama. Mając tę cyfrę, wyliczyć możemy ciężar litru każdego innego gazu, jeżeli ma się rozumieć wiemy gatunkowy ciężar tego gazu. Potrzeba tylko ten gatunkowy ciężar pomnożyć przez 0,0896. Otoż, cyfra ta, uważana przez nas jako normalna jednostka ciężaru, nabiera tyle znaczenia, że zasługuje abyśmy jej dali osobną nazwę. A ponieważ nazwa taka powinna być przede wszystkim krótka, przeto proponujemy ciężar litru wodu ochrzcić imieniem „kryt“; jest to wyraz, analogiczny do wyrazu *gran* (od *granum*), i pochodzi od wyrazu greckiego κριθῆ, oznaczającego ziarno jęczmienia. Jeżeli więc ciężar litru wodu wyznaczymy przez kryt, natenczas gatunkowy ciężar każdego innego gazu wyrażony w krytach oznaczać będzie absolutny ciężar litru tego gazu.

Gatunkowy ciężar pierwiastków: chlor, tlen i azot wyrażaliśmy przedtém w odniesieniu do wodu przez 35,5 16, i 14. Teraz zaś powiemy, że litr każdego z tych gazów przy temperaturze 0°C. i przy ciśnieniu barometryczném 0^m,76, waży 35,5 kryta, 16 krytów i 14 krytów.

Gatunkowe ciężary związków: kwasu chlorowodowego, wody i amoniaku wyznaczaliśmy pierwéj przez 18,25, 9 i 8,5. Teraz zaś powiemy, że litr tych gazów przy 0°C. i 0^m76 bar. w. waży 18,25 kryta, 9 krytów i 8,5 kryta.

Mnożąc zaś te cyfry przez wartość każdego krytu to jest przez 0,0896 grama, otrzymamy następujący wykaz:

Pierwiastki.

	Ciężar gatunkowy	Ciężar litru przy 0°C. i 0 ^m ,76 bar. w.	
		w krytach	w gramach
Wód	1	1	$1 \times 0,0896 = 0,0896$
Chlor.....	35,5	35,5	$35,5 \times 0,0896 = 3,1808$
Tlen	16	16	$16 \times 0,0896 = 1,4336$
Azot	14	14	$14 \times 0,0896 = 1,2544$

Związki.

	Ciężar gatunkowy	Ciężar litru przy 0°C. i 0 ^m ,76 bar. w.	
		w krytach	w gramach
Kwas chlorowodowy	18,25	18,25	$18,25 \times 0,0896 = 1,6352$
Para wodna	9	9	$9 \times 0,0896 = 0,8064$
Amoniak.....	8,5	8,5	$8,5 \times 0,0896 = 0,7616$

W tablicy tej ciężar litru pary wodnej obliczony jest dla temperatury 0°C. i dla ciśnienia barometrycznego 0^m,76, gdy tymczasem, jak wiadomo, para wodna przy tej temperaturze nie istnieje. Przeto wyznaczone 9 krytów są ciężarem urojonym normalnego litru pary wodnej. Doświadczenie poucza nas tylko, że litr pary wodnej, przy każdej takiej temperaturze, przy której istnieć może, jest 9 razy cięższy aniżeli litr wodu, zważony przy tej samej temperaturze. A zatem gdyby można było parę wodną oziębic bez skroplenia aż do temperatury 0°C., byłaby ona 9 razy cięższą od wodu, a ponieważ litr wodu przy tej temperaturze waży kryt, to litr pary wodnej ważyłby 9 krytów. Do wyprowadzenia tego wniosku upoważnia nas to wszystko co wiemy skąd inąd o własnościach ciał gazowych.

Wiemy bowiem z fizyki, że gazy trwałe przy niezmiennym ciśnieniu rozszerzają się pod wpływem ciepła i że to rozszerzanie się wynosi na każdy stopień temperatury $\frac{1}{273}$ ich objętości przy 0° . A zatem liter wodu, tlenu i azotu, zmierzony przy 0° , będzie wynosił przy 273° $1 + \frac{273}{273} = 1 + 1 = 2$ litry, czyli podwoi swoją objętość. Stąd i odwrotnie, objętość trwałego gazu, zmierzona przy 273°C. , w skutek oziębienia do zera ścieśni się do połowy; liter wodu, tlenu lub azotu zmierzony przy 273° , będzie przy 0° wynosił tylko $\frac{1}{2}$ litra.

Przypuśćmy, że przy normalnym ciśnieniu barometrycznym i przy temperaturze 273° zważyliśmy ciężar litru gazów wodu, tlenu i azotu, i okazało się, że pierwszy waży 0,5 kryta, drugi 8 krytów a trzeci 7 krytów. Znając stosunek objętości gazów przy 273° do ich objętości przy 0° , obliczyć możemy jaki będzie ciężar litru pomienionych pierwiastków przy normalnym ciśnieniu i przy temperaturze 0° . Okaże się, że liter wodu będzie ważył $2 \times 0,5 = 1$ kryt, liter tlenu $2 \times 8 = 16$ krytów, a liter azotu $2 \times 7 = 14$ krytów, co właśnie potwierdzonem zostało przez bezpośrednie spostrzeżenia. Jeżeli tedy liter pary wodnej przy normalnym ciśnieniu i przy temperaturze 273° waży 4,5 krytów (co sprawdzono doświadczalnie), — to przypuszczając że para wodna przy oziębianiu się ulega tym samym prawom co wód, tlen i azot, — ciężar jej litru przy 0° wyniesie $2 \times 4,5 = 9$ krytów.

Na pierwszy rzut oka sądziłoby można, że oznaczenie ciężaru urojonego litru pary wodnej przy temperaturze 0° na nic się nie zda; jednakże w dalszym ciągu przekonamy się jako hipotetycznie oznaczony ten ciężar ważne ma zastosowanie w wielu innych obliczeniach. A oprócz tego ważnym jest i to, że inaczej nie moglibyśmy porównywać ciężaru objętościowego pary wodnej z ciężarem trwałych gazów, gdyż gazy te mierzymy stale w normalnych warunkach temperatury i ciśnienia. Przeto parę wodną, istniejącą tylko w wyższej temperaturze, musimy koniecznie zredukować na mocy powyżej opisanego wyliczenia do tych samych warunków, w których wyznaczamy ciężar i objętość trwałych gazów.

Ciężar litru wodu czyli kryt = 0,0896 grama daje nam możność cyfry względne wyrażające gatunkowy ciężar

przekształcić w absolutne wartości oznaczające ciężar litru gazowych ciał przy temperaturze 0° i przy normalnym ciśnieniu, bez względu na to ażali ciała te przy pomienionych warunkach istnieją lub nie w stanie lotnym.

W wielu razach przekształcając kryty na gramy oszczędzić sobie można pracy, przyjmując kryt w przybliżeniu jako 0,09 grama, zamiast 0,0896. Błąd w obliczeniach powstający w skutek tego jest bardzo nieznaczny, bo dla chloru (który jest najcięższym z pierwiastkowych gazów) wynosi zaledwie $3,1950 - 3,1808 = 0,0142$ grama, a dla wodu (który jest najlżejszym ze wszystkich ciał) $0,0900 - 0,0896 = 0,0004$ grama.

Jeszcze na tém nie koniec. Symbole pierwiastków i formułki związków nabierają całkiem innego znaczenia przez wprowadzenie krytów do obliczania ich ciężaru. Wiemy bowiem odtąd, że symbole elementów oznaczają ciężar normalnego litru a formułki związków ciężar dwóch litrów normalnych. Możemy przeto orzec, że pierwiastki oznaczamy przez symbole jednolitrowe, a związki przez dwulitrowe formułki.

Jednakże korzyść, jaką odnieśliśmy z tego w sprawie zrozumienia chemicznych symbolów, zmniejsza się nieco przez to, że symbolicznie wyrażone ilości pierwiastków i związków są sobie nierówne, gdyż pierwsze przedstawiają 1 objętość, gdy drugie 2 objętości. Atoli w dalszym ciągu dowiemy się jak można temu zaradzić.

V.

Kwas chlorowodowy, woda i amoniak jako typy czyli wzory związków chemicznych. — Brom i jod, pierwiastki podobne do chloru. — Kwas bromowodowy i jodowodowy. — Formułki tych kwasów ułożone według wzoru kwasu chlorowodowego. — Siarka i selen, pierwiastki podobne do tlenu. — Kwas siarkowodowy i selenowodowy. — Formułki ich ułożone według wzoru wody. — Fosfor i arsen, pierwiastki podobne do azotu. — Fosforek trójwodu i arsenek trójwodu. — Porównanie tych związków z amoniakiem. — Znaczenie symbolów i formułek chemicznych. — Klasyfikacyjna ich rola. — Unaocnienie procesów chemicznych za pomocą formułek. — Chemiczne równania. — Przekształcenie chemicznych równań w równania wyrażające ciężar i objętość.

Stosunek objętości i ciężaru wyrażony w formułkach kwasu chlorowodowego, wody i amoniaku:



jakkolwiek sam przez się bardzo zajmujący, nabierze jeszcze większego znaczenia, jeżeli okaże się, że formułki te są typami czyli wzorami trzech grup związków, i to w ten sposób, że wszystkie ciała należące do jednej z tych grup są jakby wylane według téj samej formy i przeto odzwierciedlają właściwości wspólnego modelu. Wypada nam tedy zająć się rozbiorem tych analogicznych związków.

W dotychczasowych naszych badaniach, w których studjowaliśmy to co obecnie nazywamy modelami, weryfikowaliśmy każde twierdzenie za pomocą doświadczeń. W taki sam

sposób możemy badać skład i budowę związków, które się utworzyły na wzór owych modeli; jednakże ponieważ eksperymentalna weryfikacja, dokonywana na każdym kroku, utrudniałaby nasze kroczenie naprzód i ciągle zakrywałaby przed nami cel naszej drogi, przeto musimy zdać się na wiarę tych, którzy badania te przed nami wykonali. Zwyczajem jest w świecie naukowym, że każdy, który dopiero przystępuje do studjów, wierzy w fakty nagromadzone w archiwach umiejętności i w świadectwa swych poprzedników. To samo i my zrobimy, zastrzegając jednak sobie prawo, że w tych miejscach, w których uznamy za stosowne, zweryfikujemy rezultaty twierdzeń przyjętych na wiarę.

Zacniemy tedy od bromu i jodu, dwóch pierwiastków bardzo podobnych do chloru i tak jak chlor łączących się z wodem. Rezultaty tego połączenia, kwas bromowodowy i kwas jodowodowy, są to gazy przezroczyste i bezbarwne, rozpuszczające się w wodzie, pod względem własności bardzo podobne do kwasu chlorowodowego, i mające nawet podobny skład. Brom przy zwykłej temperaturze jest cieczą ciemno-czerwoną, woni mocnej i nieprzyjemnej; przy temperaturze 58°C . wre, zamieniając się w parę ciemno-brunatną. Jod zaś przedstawia się jako ciało stałe, krystaliczne, barwy stalowej, połysku metalowego, topnieje przy 107°C . a wre przy 175°C ., zamieniając się w parę fioletową. Oba te pierwiastki różnią się więc od chloru tém głównie, że przy zwykłej temperaturze nie są w stanie lotnym. Jednakże to nie przeszkadza nam w oznaczeniu ich gatunkowego ciężaru: możemy bowiem podnieść ich temperaturę, zmierzyć i zważyć je w stanie lotnym i w tej samej temperaturze porównać ich ciężar z ciężarem gatunkowym wodu. Owoż badania okazały, że w takiej temperaturze, w której oba te pierwiastki są w stanie lotnym, ciężar równych objętości wodu, bromu i jodu mają się do siebie jak

$$1 : 80 : 127.$$

Gdyby oba te ciała, poddane ciśnieniu $0^{\text{m}},76$ i oziębione do 0°C ., nie przechodziły ani w stan ciekły ani w stan stały lecz pozostawały w stanie lotnym, nateczas normalny litr

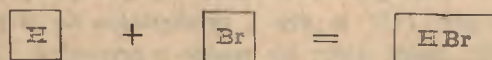
pary bromowej ważyłby 80 krytów a normalny litr pary jodowej 127 krytów.

Jeżeli zamiast ciężaru 1 litru pary bromowej (80) i pary jodowej (127) postawimy początkowe litery nazwy tych dwóch pierwiastków, Br i I, tak samo jak pisaliśmy Cl zamiast ciężaru 1 litru chloru (35,5), natenczas kwas bromowodowy i jodowodowy, które mają być zmodelowane według kwasu chlorowodowego, wyrazimy tak jak w poniżej umieszczonej diagramie:

Skład kwasu chlorowodowego.



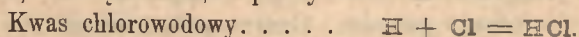
Skład kwasu bromowodowego.



Skład kwasu jodowodowego.



albo téż, znosząc ramki, w prostych formułkach:



Tak z jednėj jak i z drugiej diagramy dowiadujemy się, że litr wodu (1 kryt = H), który, jak wiemy z poprzedniego, przechodząc w kwas chlorowodowy, łączy się litrem chloru (35,5 kryta = Cl), kiedy przechodzi w kwas bromowodowy lub jodowodowy, łączyć się musi z litrem pary bromowej (80 krytów = Br) i litrem pary jodowej (127 krytów = I). Bezpośrednie spostrzeżenia potwierdziły, że tak jest w istocie. Formułki nasze wyrażają nadto, że wód łączy się bez zgęszczenia z parą bromową i jodową; że zatem litr wodu (1 kryt = H), który z litrem chloru (35,5 krytu = Cl) tworzy 2 litry kwasu chlorowodowego (36,5 krytu = HCl), tworzy także z litrem pary bromowej (80 krytów = Br) dwa litry kwasu bromowodowego (81 krytów = HBr) a z litrem pary jodowej

(127 krytów = I) 2 litry kwasu jodowodowego (128 krytów = III). Że tak jest w istocie, przekonać się o tém można wyznaczając ciężar objętościowy kwasu bromowodowego i jodowodowego; okaże się bowiem, że ciężar pierwszego wynosi 40,5 a drugiego 64. Owoż liczby te wyrażają ciężar litru kwasu bromowodowego i litru kwasu jodowodowego, z czego wynika, że ciężar dwóch litrów pierwszego wynosi $2 \times 40,5 = 81$ krytów, a ciężar dwóch litrów drugiego $2 \times 64 = 128$ krytów.

Zupełnie tak jak brom i jod pod względem chemicznych własności podobne są do chloru, tak do tlenu podobne są dwa inne pierwiastki: siarka i selen. Wprawdzie sądząc z pozoru, ciała te nie są wcale do tlenu podobne, jeszcze mniej niż brom i jod do chloru. Siarka, którą przecież wszyscy znamy, jest ciałem stałym przy zwykłej temperaturze, topnieje przy 115° a wre i przekształca się w parę dopiero przy 490° . Selen, który się rzadko w przyrodzie napotyka, jest również ciałem stałym, barwy ciemno-cisawej, topnieje przy 217° , a przekształca się w parę dopiero przy temperaturze 700° . Gdy naodwrot tlenu nie widziano inaczej jak w stanie lotnym. Jednakże badając te pierwiastki w ich związku z innymi ciałami, przekonać się łatwo, że są z sobą pokrewne, że należą jakby do jednego gatunku. Gazowe połączenia siarki i selenu z wodem, kwas siarkowodowy i selenowodowy, lubo pod wielu względami różnią się od kwasu tlenowodowego czyli od wody, wszelako pod względem chemicznym mają wiele cech wspólnych.

Jakkolwiek siarka i selen przechodzą w stan lotny dopiero w wysokiej temperaturze, przecież w ostatnich czasach zdołano wyznaczyć ich ciężar objętościowy. W temperaturze, w której te ciała są w stanie gazowym, ciężary równych objętości wodu, pary siarkowej i pary selenowej mają się do siebie jak

$$1 : 32 : 79.$$

Owoż jeżeli przypuścimy, że siarka i selen przy zwykłym ciśnieniu ($0^m,76$) i przy temperaturze 0° zachowają także stan lotny, natenczas normalny litr pary siarkowej ważyłby 32 kryty, a normalny litr pary selenowej 79 krytów, które to ciężary

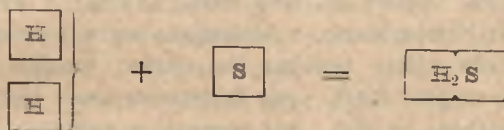
nazwiemy symbolicznie pierwszymi literami w mowie będących pierwiastków — a więc 32 = **S** a 79 = **Se**.

Jeżeli rzeczywiście kwas siarkowodowy i selenowodowy podobne są budową do wody, natenczas skład tych trzech związków przedstawić można tak jak w następującej diagramie:

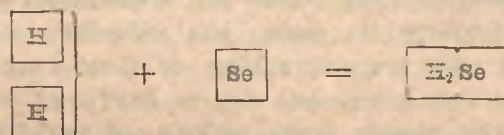
Skład wody.



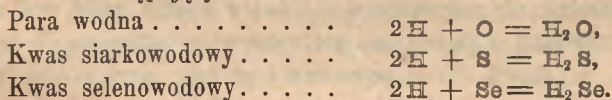
Skład kwasu siarkowodowego.



Skład kwasu selenowodowego.



albo też w następujących formułkach:



I w danym razie doświadczenia potwierdziły to co te formułki wyrażają. Tak samo bowiem jak litr tlenu (**O**), łącząc się z dwoma litrami wodu (**2 H**), tworzy wodę, tak też litr pary siarkowej (**S**) i litr pary selenowej (**Se**), łącząc się z dwoma litrami wodu, tworzą kwas siarkowodowy i selenowodowy. Tak samo jak i przy powstaniu wody trzy litry składowych jej części (**H+H+O**) zgęszczają się do dwóch litrów pary wodnej (**H₂O**), tak też trzy litry składowych części kwasu siarkowodowego (**H+H+S**) i kwasu selenowodowego (**H+H+Se**) zgęszczają się do dwóch litrów (**H₂S** i **H₂Se**).

Ten stosunek zgęszczenia sprawdzić można wyznaczając ciężar objętościowy kwasów: siarkowodowego i selenowodowego. Bo skoro 2 litry wodu ($2\text{H} = 2$ krytom), łącząc się z litrem pary siarkowej ($\text{S} = 32$ krytom), tworzą 2 litry kwasu siarkowodowego ($\text{H}_2\text{S} = 34$ krytom), a łącząc się z litrem pary selenowej ($\text{Se} = 79$ krytom), tworzą 2 litry kwasu selenowodowego ($\text{H}_2\text{Se} = 81$ krytom), natenczas litr kwasu siarkowodowego powinien ważyć $3\frac{1}{2} = 17$ krytom, a litr kwasu selenowodowego $5\frac{1}{2} = 40,5$ krytu. Doświadczenia potwierdziły, że rzeczywiście ciężar objętościowy kwasu siarkowodowego wynosi 17 a selenowodowego 40,5.

Istnieją także pierwiastki, ujawniające pewną analogją do azotu. Znamy np. dwa ciała, fosfor i arsen, stałe w zwykłej temperaturze, a ulatniające się w wysokiej. Fosfor, ciało blade-żółte, podobne do wosku, topnieje przy 44°C . a ulatnia się przy 290°C .; gdy tymczasem arsen jest siny, z pozoru podobny do stali, nie topnieje w zwykłych warunkach, a ogrzany do czerwoności przekształca się w gaz. Zatem i tutaj napotykamy tę samą różnicę we własnościach pierwiastków przyrównywanych do azotu, jaką widzieliśmy wówczas gdy siarkę i selen przyrównywaliśmy do tlenu; i tak jak wtedy, tak też i teraz przekonamy się, że fosforek i arsenek trójwodu okazują pewną analogją pod względem chemicznym z azotkiem trójwodu czyli z amoniakiem. Wprawdzie nie rozpuszczają się one w wodzie, mają woń nader nieprzyjemną, a szczególnie pierwszy, który odznacza się jeszcze tém, że zapala się w powietrzu i płonąc, wydaje białe gęste kłęby dymu, — wszelako są to różnice niewiele znaczące i ustąpić muszą pierwszeństwa przed innymi własnościami, gwoli których są one pokrewne z amoniakiem i ujawniają pewną wspólność w budowie.

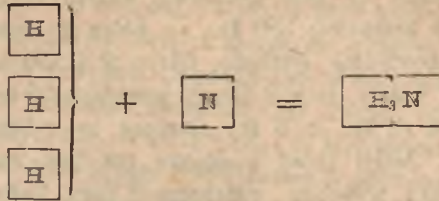
Dopiero w ostatnich latach zdołano wyznaczyć ciężar objętościowy pary fosforu i arsenu. W tak wysokiej temperaturze, w której przypuszczać musimy, że oba ciała przeszły zupełnie w stan lotny, ciężary równych objętości wodu, fosforu i arsenu mają się do siebie jak

$$1 : 62 : 150.$$

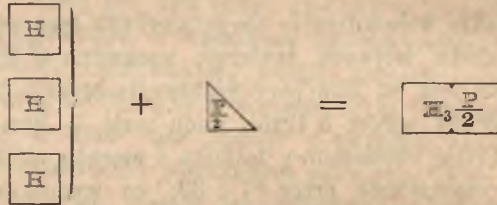
Gdyby więc fosfor i arsen pozostawały w stanie lotnym przy temperaturze 0° i przy ciśnieniu barometrycznym $0^m.76$, natenczas normalny litr pary fosforowej ważyłby 62 kr. a normalny litr pary arsenowej 150 kr., — które to ciężary wyrazimy przez odpowiednie symbole, $64 = P$ i $150 = As.$ — Z poprzedniego wiemy, że w 2 litrach amoniaku ($17 \text{ kr.} = H_3N$) trzy litry wodu ($3 \text{ kr.} = 3 H$) związane są z litrem azotu ($14 \text{ kr.} = N$). Jeżeli skład amoniaku ma być wzorem dla fosforu i arsenku trójwodu, natenczas 2 litry fosforu trójwodu muszą się składać z 3 litrów wodu i litru pary fosforowej, a 2 litry arsenku trójwodu także z 3 litrów wodu i litru pary arsenowej.

Jednakże doświadczenie nie potwierdziło tego wniosku:— 2 litry fosforu trójwodu zawierają wprawdzie 3 litry wodu ale nie litr lecz $\frac{1}{2}$ litra pary fosforowej; tudzież 2 litry arsenku trójwodu oprócz 3 litrów wodu mają $\frac{1}{2}$ litra pary arsenowej. Ciężar objętościowy fosforu i arsenku trójwodu wyznaczono respektywnie przez 17 i 39, co wyraża w krytach ciężar litru każdego z tych ciał. W 2 litrach fosforu trójwodu ($2 \times 17 = 34 \text{ kr.}$) i w 2 litrach arsenku trójwodu ($2 \times 39 = 78 \text{ kr.}$) wykryto 3 litry wodu (3 kr.). Zatem 2 litry fosforu trójwodu zawierają $34 - 3 = 31 \text{ kr.}$ fosforu, a 2 litry arsenku trójwodu $78 - 3 = 75 \text{ kr.}$ arsenu. Wiemy zaś z poprzedniego, że litr pary fosforowej waży $62 = 2 \times 31 \text{ kr.}$, a litr pary arsenowej $150 = 2 \times 75 \text{ kr.}$ Chcąc ten rezultat doświadczeń symbolicznie wyrazić, napotykaemy na pewne trudności: niepodobna bowiem skład fosforu i arsenku trójwodu wyznaczyć w znanych nam formułkach. Bo jeżeli zechcemy sformułować ten ciężar, który mają dwa litry fosforu i arsenku trójwodu, aby formułki ich wyrażały tę samą objętość co i innych związków, w takim razie w porównaniu do amoniaku otrzymamy następującą diagramę:

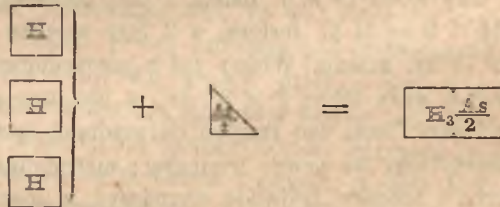
Skład amoniaku.



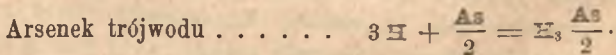
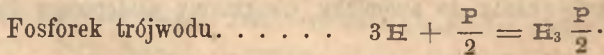
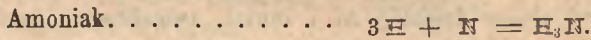
Skład fosforu trójwodu.



Skład arsenku trójwodu.

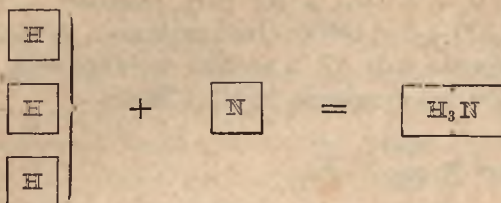


a w prostych formułkach :

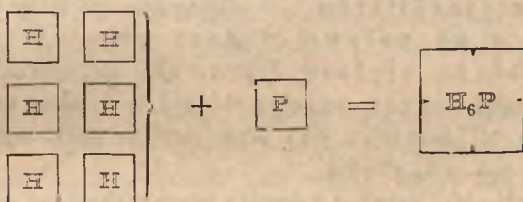


Jeżeli zaś zechcemy sformułować ten ciężar fosforu i arsenku trójwodu, w którym zawiera się litr pary fosforowej i arsenowej, otrzymamy następującą diagramę :

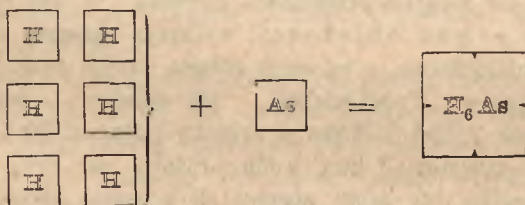
Skład amoniaku.



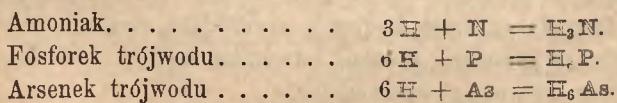
Skład fosforu trójwodu.



Skład arsenku trójwodu.



a w prostych formułkach:



W formułkach pierwszej diagramy 2 litry fosforu i arsenku trójwodu zawierają tylko $\frac{1}{2}$ litra pary fosforowej i arsenowej, gdy tymczasem wszystkie znane nam dotychczas formułki zawierały co najmniej litr każdego pierwiastku. Wprowadzie formułki drugiej diagramy wyznaczają litr tak tój jak

i tamtej pary, ale za to nie wyrażają dwóch litrów związku, ale cztery litry; bo litr pary fosforowej + 6 litrów wodu waży $62 + 6 = 68$ kr., a litr pary arsenowej + 6 litrów wodu waży $150 + 6 = 156$ kr. Owoż zważywszy, że ciężar litru fosforu trójwodu waży 17, a arsenku trójwodu waży 39 kr., więc 68 i 156 kr. wyznaczają ciężar 4 litrów,

$$\text{bo } \frac{68}{17} = 4 \text{ a } \frac{156}{39} = 4.$$

Wypada nam przeto rozstrzygnąć następującą alternatywę: albo trzymać się zasady, że formułki nasze będą stale wyrażały ciężar 2 litrów i w takim razie przyjdzie się nam wpisywać w nie połowę ciężaru objętościowego czyli połowę ciężaru litru; albo też uniknąć ułamków, wpisując ciężar całego litru i w takim razie pozabawić się tej korzyści, jaką nam dają formułki wyrażające jednakową objętość.

Dceyzja jest łatwa, i z dwojga złego wybierając mniejsze, piszemy się bez długiego namysłu na pierwszy projekt. Dość bowiem rzucić okiem na obie diagramy, aby dostrzedz natychmiast ile korzyści przedstawia pierwsza. W niej formułki, wyrażając równe objętości, wskazują zarazem na czém polega podobieństwo, a na czém różnica trzech przyrównywanych związków. Podobieństwo — jak widzimy — polega na tém, że tak 2 litry fosforu i arsenku trójwodu jak i 2 litry amoniaku zawierają 3 litry wodu; różnica zaś tkwi w tém, że w amoniaku litr azotu sprzęga się z trzema litrami wodu, gdy tymczasem w fosforu i arsenku trójwodu $\frac{1}{2}$ litru pary fosforowej i arsenowej łączy się z tą samą ilością wodu. Natomiast formułki drugiej diagramy, wyrażające nierówne objętości, nie uwydatniają żadnego stosunku między fosforkiem i arsenkiem trójwodu a amoniakiem.

Z kilku podanych tu przykładów wnosić już można jak ważną rolę odgrywa w chemji ten systemat symbolów, słusznie algebrą chemiczną zwany. Bo gdyby nawet formułki chemiczne nie były na nie więcej potrzebne jak tylko do wyrażania w streszczeniu pierwiastkowej budowy ciał, wówczas jeszcze zasługiwałyby na wszelkie uznanie i mogłyby być zaliczone

do najcenniejszych środków badawczych, jakimi chemik rozporządzać może. Cóż bowiem za prostota i jasność wykładu, jakie bezstronne uwydatnienie wszystkich składowych części, jak wreszcie silne i mimowolne wtłaczanie się w umysł, tak że kto raz widział symboliczny obraz któregośkolwiek związku, składu jego nigdy już zapomnieć nie zdoła. A wszystkie te przymioty potęgują się jeszcze bardziej i jeszcze energiczniej na jaw występują, kiedy porównywając szeregi formułek, podnosimy je do godności klasyfikacyjnego czynnika. Mając przed oczami formułę jakiegokolwiek nowego związku i przyrównując ją do jednego ze znanych nam wzorów, nietylko od razu wiemy właściwą grupę, do której dane ciało zaliczone być musi, ale nadto z chemicznego charakteru tej grupy, wnosimy o prawdopodobnych jego własnościach i o metodach jakich do badania go użyć należy.

Oprócz tego formułki i symbole mają tę jeszcze dobrą stronę, że i napisać je łatwiej i przeczytać prędzej można, że zatem przedstawiają dorazu cały szereg faktów, które wyrazami tylko kolejno mogłyby być opisane. Bo pomimo składu uwydatniają one także stosunek ilościowy, w skutek czego możemy substytuować absolutne wielkości w miejsce urojonych i tym sposobem przekształcać formułki w przepisy, dające się snadno zrealizować.

Przytém i manipulacja niemi jest łatwą: nadają się one do niej również dobrze jak zwykłe algebraiczne wyrazy. Za pomocą bowiem znaków dodawania (+), mnożenia (\times), odejmowania ($-$) i równania (=) można wyrazić wszystkie stosunki między symbolami pierwiastków i formułkami złożonych ciał. W ten to sposób powstają chemiczne równania, z pomocą których możemy najbardziej zawikłane procesy chemiczne we wszystkich okresach ich rozwoju dokładnie i prędko wyrazić. Doprawdy trudno byłoby przecenić znaczenie tych równań i korzyść jaką z nich mamy w badaniu chemji. Zresztą w dalszym ciągu będziemy mieli często sposobność przekonać się jak znakomitym są one kamieniem probierczym naszych rozumowań: bo jak z jednej strony za ich pośrednictwem wykryć snadno możemy błędy naszych wniosków, tak znowu z drugiej strony szczęśliwie ułożone równanie wskazuje nieraz

drogę do nowych badań, które nam odsłonić mogą jakieś nowe własności lub kombinacje rozmaitych pierwiastków.

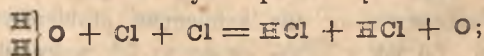
Z tych tedy powodów każdy kto zaczyna studjować chemją powinien przedewszystkiem zająć się zbadaniem owych symbolów i formułek. Zanim bowiem przyswoi sobie cały ten olbrzymi umiejętny materiał, formułki owe będą mu służyły za przewodnika, częstokroć za weryfikatora dokonywanych doświadczeń. Wprawdzie niekiedy się zdarza, że niepodobna wyrazić w chemiczném równaniu szeregu jakichś doświadczeń, ale bądźmy pewni, że w takich razach albo niezupełnie albo niedokładnie zbadaliśmy fakty, i jeżeli nie możemy ich symbolicznie unaocznic to tylko dlatego, iż nie znaleźliśmy dotąd klucza do właściwego ich interpretowania.

Zatém przedewszystkiem musimy się wprawić w czytanie i pisanie chemicznych formułek, a na ten cel wypada nam jeszcze raz przejrzeć te reakcje, któreśmy powyżej opisali.

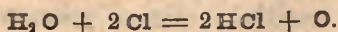
Przypominamy sobie niechybnie jak wielką odnieśliśmy korzyść przy badaniu wodu i amoniaku z tego, że chlor ma tak silne powinowactwo do wodu; pod wpływem tego powinowactwa nastąpił rozkład wody i amoniaku, wytworzył się kwas chlorowodowy, gdy tymczasem tlen i azot uwolnione ze związku wydalily się w postaci gazów. Doświadczenia te odsłoniły nam zatém jakościowy skład pomienionych związków.

Atoli obok znajomości jakościowego składu idzie nam także o zbadanie składu ilościowego. W tym celu musimy iść jeszcze dalej w badaniach naszych, żeby rezultat ich w równaniu wyrazić. Starannie i umiejętnie wykonane doświadczenia okazują dokładnie ilościowy skład wszelakich związków. Chemicy oznaczyli naprzykład jak najakuratniej ilość chloru potrzebnego do rozłożenia wody lub amoniaku, ilość powstającego kwasu chlorowodowego i wreszcie ilość wywiązującego się tlenu i azotu. Rezultaty tych badań dadzą się wyrazić w następującém równaniu:

Rozkład wody za pomocą chloru.



albo w jeszcze prostszém:



Równanie to nie tylko uwidocznia jakościową ale i ilościową reakcją. Po obu jego stronach mamy te same symbole w tej samej liczbie, ale w rozmaitem ugrupowaniu. Żeby to równanie odczytać, potrzeba tylko zamiast każdej litery substytuować odpowiednią nazwę, stosowny ciężar i objętość, a reakcja odsłoni się kompletnie. Bo jeżeli w miejsce symbolów podstawimy odpowiednie liczby, — w miejsce H = 1, O = 16, Cl = 35,5 — dowiemy się, że

$$2 + 16 = 18 \text{ kr. wody}$$

potrzebuje do zupełnego rozkładu

$$2 \times 35,5 = 71 \text{ kr. chloru.}$$

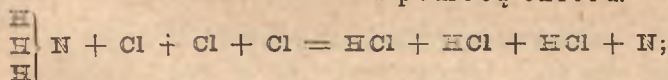
Tym sposobem powstanie

$$2 \times (1 + 35,5) = 73 \text{ kr. kwasu chlorowodowego}$$

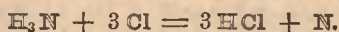
i 16 kr. wolnego tlenu.

Tak samo możemy w równaniu powyższym uwzględnić jenó stosunek objętościowy. Dowiemy się wtedy, że 2 litry pary wodnej (produkt zgęszczenia, jak to formułka okazuje, 2 litrów wodu i litru tlenu) rozłożyć można z pomocą 2 litrów chloru: powstanie natenczas $2 \times 2 = 4$ litry kwasu chlorowodowego i litr wyzwolonego tlenu. Dziwić się naturalnie nie będziemy, że w danym razie niejednakowa jest suma litrów po obu stronach równania, gdyż wiemy, że pierwiastki w stanie wolnym większą zajmują przestrzeń, niż kiedy są w karby związków ujęte.

Rozkład amoniaku za pomocą chloru.



albo też w sposób prostszy:



W miejsce liter jeżeli podstawimy odpowiednie wartości, otrzymamy następujące równanie:

$$\begin{array}{l} \frac{17 \text{ kr. amoniaku}}{2 \text{ lit.}} + \frac{3 \times 35,5 \text{ kr. chloru}}{3 \text{ lit.}} = \\ = \frac{3 \times (1 + 35,5) \text{ kr. kwasu chlorowodowego}}{6 \text{ lit.}} + \frac{14 \text{ kr. azotu}}{1 \text{ lit.}} \end{array}$$

A zatem wszystko co tylko jest zajmującego w danej reakcji wyraziliśmy przez 11 cyfr zjednoczonych w 4 grupy za pomocą trzech znaków. Doprawdy wątpić należy, ażali jest sposób łatwiejszego unaoczniania zjawisk. Wszelako gdyby i był, szukać go nie będziemy, ale zadowolnieni, że mamy tak dobrą symbolistykę, chętnie się przyłożymy do jój dokładniejszego zbadania.

VI.

Metoda wolumetryczna i ponderalna.— Węgiel, pierwiastek niedający się ulotnić. — Związek jego z wodem; gaz bagienny jako czwarte wzorowe połączenie. — Charakterystyczne własności gazu bagiennego.—Rozbiór jakościowy.— Rozkład gazu bagiennego pod wpływem chloru. — Rozkład jego pod wpływem ciepła. — Niemożebność wykonania syntezy gazu bagiennego. — Formułka jego. — Ciężar połączeniowy węgla.— Krzem, pierwiastek podobny do węgla.— Połączenie krzemu z wodem, krzemek wodu.— Zbudowanie tego związku według wzoru gazu bagiennego.— Ciężar połączeniowy krzemu.— Tyt i cyna, pierwiastki podobne do węgla. — Porównanie ciężaru połączeniowego z ciężarem objętościowym.— Ciężar połączeniowy fosforu i arsenu.— Wprowadzenie ciężaru połączeniowego zamiast ciężaru objętościowego do chemicznej symbolistyki.

Pierwiastki, od których rozpoczęliśmy nasze badania, wód, chlor, tlen i azot są jak wiemy gazami; znane nam połączenia ich są również lotne, bo albo są gazami przy zwykłej temperaturze, jak kwas chlorowodowy i amoniak, albo też snadno przekształcają się w parę, jak woda. Okoliczność ta ułatwiała nam możność zbadania praw nimi rządzących. Użyliśmy na ten cel metody wolumetrycznej i daliśmy jej pierwszeństwo przed metodą ponderalną z tego względu, że stosunek objętościowy łatwiej daje się unaocznic niż stosunek ciężarowy. Zresztą w ten tylko sposób mogliśmy badania nasze oprzeć na pewnej i ściśle umiejętniej eksperymentalnej podstawie.

Atoli wolumetryczne mierzenie materji w stanie lotnym niezawsze jest możebne, bo mało jest pierwiastków w stanie gazowym, a niewiele można w parę przekształcić. Większość zaś bądź ulatnia się dopiero przy najwyższej znaney nam temperaturze, bądź téż i wtedy jeszcze jest w stanie stałym. Owoż w takim razie niepodobna jest zastosowywać metody wolumetrycznej i nie pozostaje nic innego jak tylko zająć się obliczeniem stosunku ciężarowego. Więc téż i my, lubo wyznaczyliśmy sobie bardzo szczupłe rozmiary, jednakże nie możemy się obejść bez wprowadzenia ciężaru ciał w nasz rachunek.

Badając brom i jod, dwa pierwiastki, jeden ciekły, a drugi stały, przekształcające się w gazy w temperaturze stosunkowo dość umiarkowanej, mieliśmy już sposobność ocenić wysoką wartość analizy ciężarowej. Gdybyśmy bowiem chcieli wprost na mocy doświadczenia wykryć, że 2 litry kwasu bromowodowego lub jodowodowego zawierają litr pary bromowej lub pary jodowej, musielibyśmy wprzód pokonać tysiączne eksperymentalne trudności, niekiedy niedające się wcale przewyciężyć. Tymczasem było nam daleko łatwiej wyznaczyć za pomocą wagi, że w 81 kr. (w ciężarze 2 litrów) kwasu bromowodowego znajduje się 1 kr. wodu i 80 kr. bromu, lub że w 128 kr. (w ciężarze 2 litrów) kwasu jodowodowego również znajduje się 1 kr. wodu i 127 kr. jodu. Znając zaś skądinąd ciężar objętościowy pary bromowej i jodowej, cóż było łatwiejszego jak wyznaczyć wolumetryczny skład kwasu bromowodowego i jodowodowego. W ten sposób zdołaliśmy zbadać, że tak samo jak 2 litry kwasu chlorowodowego zawierają litr wodu i litr chloru, tak téż 2 litry kwasu bromowodowego składają się z litru wodu i litru bromu, a 2 litry kwasu jodowodowego z litru wodu i litru jodu.

To samo uwydatniło się jeszcze bardziej w badaniu kwasu siarkowodowego i selenowodowego. Ponieważ siarka i selen do zupełnego przejścia w stan lotny potrzebują najwyższej temperatury, na jaką chemicy zdobyć się mogą, przeto téż znacznie łatwiej oznaczać za pomocą ciężaru niż za pomocą objętości ilość ich, zawartą w dwóch litrach rzeczonych związków. To téż pierwój wiedziano, że 34 kr. (ciężar 2 litrów)

kwasu siarkowodowego zawierają 32 kr. siarki a 81 kr. (ciężar 2 litrów) kwasu selenowodowego 79 kr. selenu, zanim w ostatnich czasach zdołano wyznaczyć ciężar objętościowy pary obu tych ciał i nim w ten sposób przekonano się, że te 32 kryty wyrażają ciężar litru pary siarkowej a 79 kr. ciężar litru pary selenowej.

Analiza ciężarowa niemniej ważną odgrywała rolę w badaniu fosforu i arsenku trójwodu. Nadarmo bowiem szukalibyśmy sposobu wyznaczenia za pomocą metody wolumetrycznej ilości pary fosforowej i arsenowej zawartej w 2 litrach tych związków; gdy tymczasem, posługując się metodą ponderalną, dopięliśmy celu bez wszelkich mozołów. Analiza ciężarowa wykryła, że w 34 kr. (w ciężarze 2 litrów) fosforu trójwodu znajduje się 31 kr. fosforu, a w 78 kr. (w ciężarze 2 litrów) arsenku trójwodu znajduje się 75 kr. arsenu. Ponieważ teraz znamy już i ciężar objętościowy obu tych pierwiastków, więc snadno nam było wyliczyć, że w objętości dwulitrowej fosforu i arsenku trójwodu znajduje się tylko $\frac{1}{2}$ litra pary fosforowej i arsenowej, i że przeto oba te związki różnią się pod tym względem od amoniaku, którego objętość dwulitrowa mieści litr azotu.

Powtórzyliśmy pobieżnie znane już nam rzeczy aby właśnie na rzeczach znanych uwidocznić wartość ponderalnej analizy w badaniu chemicznych procesów. W dalszym ciągu gdy coraz bardziej będziemy się pogłębiali w dziedzinę chemji, przekonamy się, że metoda wolumetryczna ustępuje im dalej tém więcej pierwszeństwa przed ponderalną i że w mnóstwie zagadnień, które przyjdzie się nam rozstrzygać, będziemy musieli uciec się do wagi jako do najpewniejszego przewodnika, a częstokroć jako do jedyne. Z tego też względu wypada nam już i teraz zwrócić główną uwagę na tę tak cenną metodę ponderalnej analizy. Wszelako zeszlibyśmy zanadto z wytkniętej drogi i oddalilibyśmy się zbyt daleko od wyznaczonego celu, gdybyśmy zechcieli chociaż pobieżnie opisać wszystkie środki i sposoby, najczęściej trudne i skomplikowane, jakimi chemik posługuje się w rozkładaniu związków na składowe ich części i w ważeniu każdej z osobna. Zresztą nie dozwoliłyby na to szczerpłe ramy popularnych wykładów, nie mówiąc już o tém,

że przyjęta przez nas metoda wspólnego opracowywania kwestij pod bezustanną kontrolą widzów i słuchaczy, zmuszałaby nas do wykonywania na każdym kroku doświadczeń, które w tym razie nie byłyby ani tak proste ani tak łatwe jak kiedy szło o wolumetryczną analizę. Zatem praca długa i mozolna w laboratorium torować musi drogę do bliższego poznania ponderalnej metody. A stąd prosty wniosek, że na razie zadowolnić się musimy zużytkowaniem rezultatów otrzymanych za pomocą tej metody, zastrzegając jednak sobie prawo zwracania uwagi w tych miejscach, w których uznamy za stosowne, na ważną rolę, jaką metoda ta odgrywa w chemii.

Wspomnieliśmy już na początku niniejszego wykładu, że większa część pierwiastków nie istnieje w stanie gazowym a raczej nie jest nam znaną w tym stanie. Samo tedy przez się nasuwa się pytanie, w jaki sposób ciała takie dają się symbolicznie wyrazić, kiedy ani mowy być nie może o wyznaczeniu ich objętościowego ciężaru?

Żeby odpowiedzieć na to pytanie zająć się musimy zbadaniem pewnego pierwiastku, znanego nam w stanie stałym, którego związek z wodem kojarzy się poniekąd ze znanymi nam wzorowemi połączeniami wodu.

Wprzódki atoli napomknąć musimy, że w szeregu tych wzorów litr chloru, litr tlenu i litr azotu łączył się respektywnie z litrem, dwoma i trzema litrami wodu, przyczém zgęszczenie wzrastało w miarę zwiększania się ilości wodu, bo bez względu na liczbę litrów pierwiastkowych gazów objętość ciała złożonego wynosiła stale 2 litry.

Owoż rzeczzone trzy związki nie zamykają jeszcze szeregu wzorów czyli typowych połączeń. Do niego należy jeszcze czwarty wzór, związek, który w 2 litrach zawiera 4 litry wodu złączone z pierwiastkowym ciałem, z węglem, znanym popolicie bądź jako zwykły węgiel, bądź jako diament lub wreszcie jako grafit. Pomienione połączenie wodu z węglem jest gazem, zapalającym się z łatwością, znanym pod nazwą gazu bagiennego, jako wydobywającego się najczęściej z bagien i sadzawek.

Nie bez celu oddzieliśmy to czwarte połączenie wodu od trzech poprzednich typowych jego związków. Ważne względy

przemawiały za tém. A naprzód to, że kiedy w pierwszych trzech wzorach obie składowe części są w stanie lotnym, we wzorze czwartym wód jest połączony z ciałem, które nietylko jest w stanie stałym przy zwykłej temperaturze, ale nie daje się ulotnić przy temperaturze najwyższej, do jakiej osiągnąć możemy. Tam przeto mieliśmy dokładny wykaz postępowego zgęszczania się objętości, gdy tymczasem tutaj, nie mogąc zużytkować metody wolumetrycznej a opierając się jeno na ponderalnej, wszystko co wnioskować możemy o objętościowym stosunku, w braku eksperymentalnej podstawy czerpiemy ze spekulacji. Wprawdzie wielu chemików mniema — i nie bez pewnej racji — że spekulacja w analogii ma dość silną podstawę; z tém wszystkiém to pewna, że dopóki nie otrzymamy węgla w stanie lotnym i nie zważymy jego objętości, dopóty téż wszystkie nasze twierdzenia o wolumetrycznym składzie gazu bagiennego nie będą tak pewne ani tak gruntowne jak kiedy rzecz idzie o objętościowy skład kwasu chlorowodowego, wody lub amoniaku.

Za odrębnym rozbiorem czwartego wzoru przemawia jeszcze i to, że gaz bagienny różni się od trzech innych typów pod względem pewnych własności chemicznych, które poznamy w dalszym ciągu, a o których tyle tylko na razie powiedzieć możemy, że zmuszają nas do zastosowywania metod zupełnie innych niż te, które dostarczyły nam tak świetnych rezultatów w badaniu innych połączeń wodu.

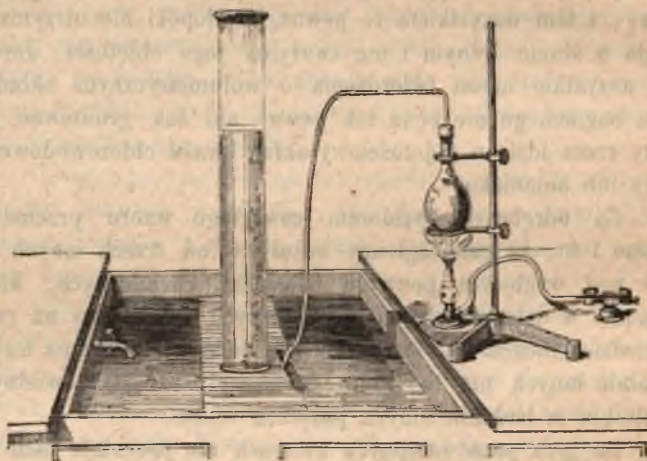
Po tych przedwstępnych uwagach nie pozostaje nam nic innego, jak tylko zaznajomić się bliżej z własnościami gazu bagiennego.

W rozpadlinach, między pokładami węgla kamiennego, wydobywa się najczęściej przezroczysty, bezbarwny gaz, zapalający się snadno od płomienia świecy lub lampy. Zmieszany z powietrzem wybucha gwałtownie; dlatego to górnicy przeczorni nie zstępują nigdy do kopalni z zwykłemi lampami lecz z lampami Davi'ego. W niektórych gatunkach kamiennego węgla gazu tego jest tak dużo, że jeżeli świeżo wydobyty kawałek z kopalni zanurzymy w wodę, gaz wystąpi pod postacią pęcherzyków. Ten sam gaz powstaje także w miejscach błotnistych, w bagnach i w sadzawkach, słowem w ogóle we

wszelkich wodach stojących, na dnie których gniją produkty roślinne. Podczas lata, kiedy proces gnicia odbywa się zwykle energiczniej, gazu wydostaje się tyle, że zebrać go można w zwykłym cylindrze, wypełnionym wodą i wstawionym w odwrotną pozycję do bagna.

Niezawsze to jednak można mieć sadzawkę lub bagno na podreżcu, aby gaz ów zbierać; a cóż dopiero kiedy i mając, niewielką odnosi się z tego korzyść. bo gaz taki nigdy nie jest zupełnie czysty lecz zawsze bywa zmieszany z powietrzem i z innymi gazami. — Także w zwykłym gazie służącym do

Fig. 67.



oświetlania jest prawie zawsze sporo gazu bagiennego, ale ponieważ są tam jeszcze inne gazy, których od bagiennego niepodobna odłączyć, przeto i z tego korzystać nie możemy. Ale za to znamy bardzo prosty sposób dobywania gazu bagiennego w każdej chwili i w dowolnej ilości z materiałów tanich i znajdujących się w każdym laboratorium. W tym celu bierzemy zwykłą flaszkę szklaną lub jeszcze lepiej miedzianą, wlewamy do niej mocnego octu z mieszaniną wapna i żrącego sodu i ogrzewamy na lampie; po niejakiem czasie wydobywający się bezbarwny gaz zbieramy w zwykły sposób nad wodą (fig. 67). Nie będziemy narazie rozbić reakcyj jakie się odbywają

tutaj przy powstaniu gazu bagiennego. Nadmienić jednak potrzeba, że ocet składa się z węgla, wodu i tlenu i że w danych warunkach część węgla łączy się z wszystkim wodem, tworząc gaz bagienny, zwany inaczej, mianowicie przez chemików, „metylkiem wodu“ albo też „węglikiem czterowodu“.

Gaz bagienny różni się od wszystkich innych znanych nam związków wodu tém, że może się palić. Nadto od kwasu chlorowodowego i amoniaku różni się jeszcze tém, że nie ma woni ani smaku i że nie oddziaływa na barwy roślinne. Są to zresztą własności ujemne, stanowiące — jak wiemy — charakterystyczną cechę wodu.

Niemniej wybitnie różni się gaz bagienny od znanych nam elementarnych gazów: bo to, że płonie, odróżnia go od chloru, tlenu i azotu; przytém od chloru odróżnia się brakiem woni, barwy i mocy odbarwiania, a od tlenu tém, że tak jak azot nie podtrzymuje palenia płonących ciał. Jeżeli narazie trudno go odróżnić, to chyba tylko od wodu, bo i wód nie podtrzymuje palenia płonących ciał, jest bezbarwny i przezroczysty, nie ma smaku ani władzy odbarwiania. Atoli różnica uwydatni się natychmiast, jeżeli porównamy płomień obu gazów: płomień wodu jest bezświelny i zaledwie widzialny, gdy płomień gazu bagiennego, lubo jest bladym, przecież daje się dostrzedz.

Można jeszcze w inny sposób uwidocznic różnicę tych obu gazów. Wiemy z poprzedniego, że zapalona mieszanina wodu i chloru, płonąc, przekształca się w kwas chlorowodowy. Jeżeli więc zapalimy gaz bagienny zmieszany z chlorem, otrzymamy ten kwas i przytém dostrzeżemy dość zajmujące zjawisko.

Doświadczenie odbywamy uastępująco: bierzemy dwa dość duże cylindry, z których jeden jest dwa razy obszerniejszy od drugiego, i mniejszy wypełniamy gazem bagiennym, a większy chlorem. Cylindry przykryte płytami szklanemi ustawiamy jeden na drugim tak, aby mniejszy, stojąc na większym, był do niego obrócony otworem, poczem wysuwamy płyty i przewracamy cylindry szczelnie do siebie przytknięte w celu zmieszania gazów. Wiemy bowiem, że chlor jako cięższy opadnie

na dno. — Zapomniałem dodać, że jak w podobnym doświadczeniu z wodem, tak też i teraz bacznie zwracamy uwagę aby bezpośrednio promienie słońca nie dosięgały naszego aparatu. — Przewróciwszy tedy cylindry, odejmujemy górny i zapalamy gazy: wód łączy się naturalnie z chlorem i tworzy kwas chlorowodowy, zupełnie tak samo jak wówczas kiedy czysty wód spalaliśmy w obecności chloru. Atoli teraz dostrzegamy istnienia innego jeszcze ciała, które w postaci sadzy zniża się w

Fig. 68.



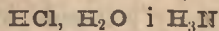
spół z płomieniem aż do dna cylindra, okrywając ściany jego grubą czarną powłoką (fig. 68).

Snadno wytłomaczyć to zjawisko: chlor działa na gaz bagienny tak samo jak działał na wodę i na amoniak. Woda pod wpływem chloru wydalala tlen, a amoniak dostarczał nam azotu; w tych samych warunkach gaz bagienny wyzwała węgiel. Wód zaś we wszystkich tych trzech reakcjach, łącząc się z chlorem, tworzy kwas chlorowodowy.

Działanie chloru na gaz bagienny wykazuje, że wód

i węgiel są składowemi jego częściami; pozostaje jeszcze udowodnić, że są one jedynymi jego składnikami. Atoli napotykaemy tu na te same trudności, co przy syntezie amoniaku: nie znamy bowiem sposobu łączenia wodu z węglem w celu utworzenia gazu bagiennego. Jednakże jak w sprawie z amoniakiem tak też i teraz uciec się możemy do metody ponderalnej, a usuniemy wszelką możebną wątpliwość co do chemicznego składu badanego ciała: przekonamy się mianowicie, że suma ciężaru składowych części, wywiązanych z danej ilości bagiennego gazu, równa się ciężarowi tej jego ilości, której użyliśmy do doświadczenia.

Zbadawszy tedy dokładnie chemiczny skład bagiennego gazu wypada nam teraz wyrazić go w formułce, trzymając się tej zasady, według której wyrażaliśmy symbolicznie w formułkach skład innych związków wodu. Przypominamy sobie z pewnością, że formułkom tym odpowiadające liczby wyrażały w krytach ciężar 2 litrów każdego związku; że zatem formułki:



wyrażały ciężary 2 litrów kwasu chlorowodowego, pary wodnej i amoniaku. Chcąc taką samą formułkę ułożyć dla gazu bagiennego, potrzeba przedewszystkiem wyznaczyć ciężar 2 litrów tego gazu, a względnie jego objętościowy ciężar.

Fig. 69.



Fig. 70.

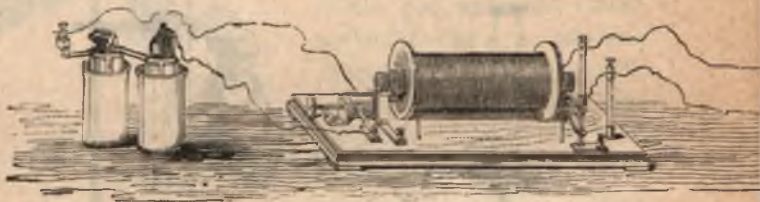


Że gaz ten jest lżejszy od powietrza, przekonać się o tém snadno możemy, jeżeli z cylindra wypełnionego nim, zdejmujemy taflę szklaną (fig. 69), i po kilku chwilach przytkniemy do otworu zapaloną świecę. Gaz widocznie uleciał, a miejsce jego zajęło powietrze, bo gdyby był został, byłby się zapalił, tak jak zapala się w cylindrze, który lubo również nie jest niczém przykryty, lecz że jest wywrócony otworem do dołu, więc może go przez chwil parę przechować (fig. 70). Dokładne badania wykazały, że gaz bagienny jest ośm razy cięższy od wodu, zatem normalny litr bagiennego gazu waży 8 krytów,

a ciężar 2 litrów to jest ciężar objętości, którą w formułce wyrazić mamy, wynosi 16 litrów.

Wiele jest wodu, a wiele węgla w tych 2 litrach bagiennego gazu? Co się tyczy wodu, odpowiedzi na to pytanie dostarczyć może zarówno analiza wolumetryczna jakoteż i ponderalna. Damy jednak pierwszeństwo metodzie wolumetrycznej — i na ten cel użyjemy przyrządu, którym posługiwaliśmy się przy badaniu amoniaku. Wiadomo nam bowiem, że gaz bagienno tak jak amoniak rozkłada się pod wpływem ciepła. Użyjemy tedy znaney już nam rurki zgiętej na kształt litery **U**, a jako źródło ciepła zastosujemy prąd elektryczny indukcyjnej maszyny (fig. 71). Zaledwie iskry zaczynają przeskakiwać, a już dostrzegamy znaczne zwiększenie się przestrzeni gazowej, a po kilku chwilach skupienie węgla w pobliżu platynowych

Fig. 71.



biegunów. W miarę jednak rozszerzenia się gazów, rozkład, zrazu tak energiczny, zwalniać nieco poczyna, co przyprawiłoby nas o stratę czasu, gdybyśmy nie przyczynili się w jakikolwiek bądź sposób do przyspieszenia operacji, zwłaszcza że to w tak prosty sposób rozkład gazu spotęgować można. Dość tylko wlać rtęci do otwartego ramienia rurki, aby tym sposobem, ściskając gaz, zbliżone jego cząsteczki wystawić na działanie iskier. Gdy operacja jest skończona, odkręcamy kurek u rurki bocznej i wpuszczamy rtęć dopóty, aż się wyrówna w obu ramionach: okaże się wtedy, że gaz zajmuje dwa razy tyle przestrzeni teraz co przedtém. Gaz ten, który pod wpływem iskier nie zwiększa już zgoła swęj objętości, postradał przytém wszystkie cechy gazu bagiennego a w badaniu ujawnia czystego wodu własności.

Doświadczenie to jest dość trudne, trudniejsze niż z kwasem chlorowodowym, wodą lub amoniakiem. Zdarza się bowiem często, że iskry bijące wśród gazu bagiennego tworzą rodzaj mostku z węgla między platynowymi biegunami. Owoż mostek ten zniszczyć potrzeba, gdyż inaczej elektryczność, zamiast przeskakiwać w postaci iskiei, będzie swobodnie po nim sływała. Dopiąć tego można w dwojaki sposób: albo przechylając przyrząd tak, żeby rtęć dopływała do platynowych

Fig. 71.



biegunów i zniosła ów mostek uderzeniem swęj fali; albo też przedstawiając od czasu do czasu druty złączone z platynowymi biegunami, w skutek czego zmienia się kierunek prądu, co znowu pociągnie za sobą zmianę w kierunku przekakiwania iskiei.

Doświadczenie takie, wykonane starannie z uwzględnieniem wszystkich środków ostrożności, obdarza nas rezultatem prawie dokładnym. Mówimy prawie, gdyż mała

cząstka gazu bagiennego zmienia się nieco inaczej, w skutek czego otrzymana objętość wodu nie jest nigdy dwa razy większą od użytej objętości gazu bagiennego. Wszelako i z tego rezultatu wnosić już można, że w danej objętości gazu bagiennego zawiera się dwa razy większa objętość wodu.

Zatém 2 litry gazu bagiennego, których ciężar wynosi 16 kr., zawierają 4 litry czyli 4 kr. wodu. Jeżeli cokolwiek jeszcze wątpić możemy o prawdziwości tego wniosku, powątpiewanie nasze ustąpić musi przed wykazami ponderalnej analizy, z których dowiadujemy się, że w 16 krytach gazu bagiennego (w ciężarze 2 litrów) znajduje się 4 kr. wodu.

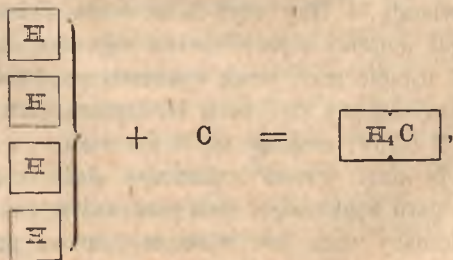
Wypada nam jeszcze wyznaczyć ilość węgla zawartą w 2 litrach gazu bagiennego, atoli ponieważ węgiel nie istnieje, a raczej nieznanym nam jest w stanie lotnym, przeto oprzęd

się w danym razie możemy jeno na ponderalnej analizie. Zważywszy tedy, że bagieny gaz oprócz wodu i węgla nie zawiera żadnego innego pierwiastku, ilość węgla zawarta w dwóch jego litrach wyznaczyć możemy przez proste odejmowanie: — bo $16 - 4 = 12$ kr. to znaczy, że 2 litry = 16 kr. bagienego gazu składają się z 4 kr. wodu i 12 kr. węgla, — co właśnie stwierdzono za pomocą wagi.

Jeżeli ponderalną ilość węgla zawartą w dwóch litrach bagienego gazu oznaczymy pierwszą literą jego łacińskiej nazwy (Carbo), a zatem $12 = C$, tak samo jak oznaczyliśmy ponderalną ilość chloru zawartą w 2 litr. kwasu chlorowodowego przez $Cl = 35,5$, a ponderalną ilość tlenu zawartą w 2 litrach pary wodnej przez $O = 16$ i jak wreszcie ponderalną ilość azotu zawartą w 2 litrach amoniaku przez $N = 14$, — natenczas skład gazu bagienego wyrazimy w następującej formułce



która o tyle jest podobną do formułek wyrażających kwas chlorowodowy, wodę i amoniak, że tak jak one, przedstawia ciężar 2 litrów. Atoli różni się od nich nieco: albowiem w formułce tej symbol węgla nie oznacza równocześnie objętości i ciężaru, tak jak wszystkie dotychczasowe nasze symbole, lecz wyraża jeno ponderalną ilość węgla. Dla uwydatnienia tej różnicy piszemy ten symbol zwykłym pismem, gdy tymczasem wszystkie uprzednie symbole, jako wyrażające ciężar objętościowy pierwiastków, drukowaliśmy pismem wodnym. Następująca diagrama, ułożona według tej samej zasady co poprzednie, przedstawia graficznie powstanie gazu bagienego, — różni się zaś od innych w tém tylko, że symbol węgla, ponieważ nie wyraża objętości, nie jest zamknięty w kwadracie.



Badania nad gazem bagiennym wzbogaciły naszą chemiczną symbolistykę. Pierwiastki, któreśmy wprzód badali i wyznaczali symbolicznie, były to gazy lub ciała łatwo przekształcające się w parę; stąd też i symbole ich wyrażały ciężar objętościowy, zredukowany do wodu przyjętego jako jednostkę, albo mówiąc innemi słowy, wyznaczały w krytach ciężar ich normalnego litru. Atoli ponieważ symbole te wyrażały zarazem ponderalną ilość pierwiastków, zawartą w 2 normalnych litrach rozmaitych związków wodu, przeto też napotkawszy w badaniach naszych węgiel, którego ciężar objętościowy jest nam nieznanym, mogliśmy przynajmniej wyznaczyć w krytach ponderalną jego ilość zawartą w 2 litrach bagiennego gazu i tym sposobem zdołaliśmy ją wyrazić w symbolu, który w każdym razie porównywać możemy z symbolicznie wyznaczoną ilością innych pierwiastków.

Metodę tę, która nam ułatwiła ułożenie symbolu dla węgla, zastosowywać możemy i do innych ciał. Żeby symbolicznie wyrazić badany pierwiastek, potrzeba nam tylko znać jakiegokolwiek jego połączenie z wodem. Ilość pierwiastku zawarta w 2 normalnych litrach takiego związku, wyrażona w krytach, oznacza ciężar, który symbolicznie przedstawić należy.

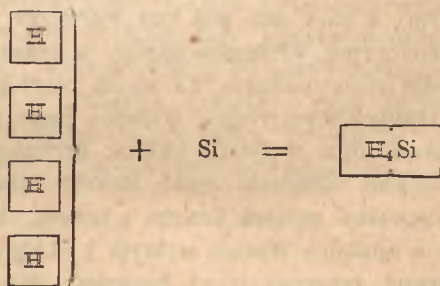
W celu zastosowania pomienionej metody i poznania nowych ciał, opisać musimy krzem, ciało stałe, nieznanne w stanie lotnym, a więc tak pod tym względem jak też pod względem chemicznych własności bardzo podobne do węgla. Jest to przytém ciało należące do rzędu pierwiastków, najobficiej napotykanych w przyrodzie. Głównie znane są jego połączenia z tlenem, które w postaci kwarcu, krzemionki i piasku stanowią przeważną składową część skorupy ziemnej. Atoli nie tyle nas interesuje związek krzemu z tlenem, ile z wodem. Owoż dopiero w ostatnich czasach wykryto krzemek wodu: jest to bezbarwny, przezroczysty i bezwonny gaz, mający tę własność co fosforek trójwodu, że w zetknięciu się z powietrzem zapala się i tworząc obfite białe dymy, płonie silnym światłem.

Idzie teraz o wyrażenie symboliczne składu tego nowego ciała, a na ten cel posługiwać się będziemy tą samą metodą,

którą wyprobowaliśmy przy badaniu bagiennego gazu. Przedewszystkiem więc musimy wyznaczyć ciężar objętościowy krzemku wodu; otrzymawszy bowiem ciężar 2 litrów tego gazu, będziemy mogli następnie wyznaczyć ponderalną ilość wodu i krzemku, w nich zawartą. Długo bardzo nadaremnie usiłowano operacji tej dokonać, aż wreszcie w najnowszych czasach zdołano dokładnie wyznaczyć, że krzemek wodu jest 16 razy cięższy od wodu, że zatem 2 litry tego gazu ważą 32 kryty, następnie, że w tych 2 litrach, tak samo jak w 2 litrach gazu bagiennego, znajduje się 4 litry wodu złączone z ponderalną ilością krzemku wynoszącą $32 - 4 = 28$ krytów. Jeżeli przeto ten ciężar krzemku wyrazimy przez początkowe litery łacińskiej jego nazwy (Silicium), i zachowamy naturalnie to samo pismo co dla węgla, otrzymamy symbol $28 = \text{Si}$, i wyrazimy krzemek wodu przez następującą formułę:



Związek ten, co widoczna, należy do tego samego rzędu co przed chwilą rozebrany związek węgla. Uważamy przeto krzemek wodu jako ciało zbudowane na wzór bagiennego gazu, i przedstawiając go graficznie, musimy naturalnie symbol krzemku oznaczyć bez kwadratu, gdyż krzem tak jak węgiel nie znany nam jest w stanie lotnym. A zatem krzemek wodu wyrazimy graficznie w następującej diagramie:



Oprócz opisanego ciała nie znamy żadnego innego związku wodu, któreby można było zaliczyć do tego samego rzędu co gaz bagienny. Wszelako istnieją pierwiastki, mogące prawdopodobnie tworzyć podobne związki z wodem. Takim jest np.

tyt (Titanium), ciało stałe, nie dające się ulotnić, rzadko napotykanie w przyrodzie, a pod względem własności tak podobne do krzemu, że wykrycie tytanku wodu, zbudowanego na wzór gazu bagiennego i krzemku wodu, jest tylko kwestją czasu. Oprócz tytu, znamy jeszcze pewien metalowy pierwiastek, cynę, która pod względem chemicznych własności wielce się zbliża do danej grupy i każe przypuszczać, że chemicy z czasem wykryją połączenia jej z wodem. Ale chociażby nigdy nie wykryto związków tytu i cyny z wodem, niemniej jednak pewną jest rzeczą, że gaz bagienny zasługuje na to, abyśmy go uważali jako typowe ciało, jako wzór pewnej kategorii związków. W dalszym ciągu przekonamy się, że grupy ciał złożonych dają się jeszcze inaczej podporządkowywać pod dany wzór, niż to widzieliśmy dotychczas, — a wtedy okaże się, że gaz bagienny stoi na czele większego szeregu pochodnych ciał, aniżeli jakiegokolwiek inne połączenie wodu.

Gaz bagienny jest zatem czwartym z kolei typowym ciałem w szeregu związków wodu. Nie znamy dotąd żadnego ciała, któreby w objętości 2 normalnych litrów zawierało więcej niż 4 litry wodu złączone z litrem jakiegokolwiek innego pierwiastku. Przeto gaz bagienny uważać musimy jako ciało najbogatsze w wód, a kwas chlorowodowy jako najbiedniejsze, gdy tymczasem woda i amoniak stanowią przechodowe stopnie pomiędzy krańcowymi formami. Wzajemny stosunek tych ciał wyraża następujący szereg formułek :

Kwas chlorowodowy.	$\boxed{\text{HCl}}$
Woda	$\boxed{\text{H}_2\text{O}}$
Amoniak.	$\boxed{\text{H}_3\text{N}}$
Gaz bagienny	$\boxed{\text{H}_4\text{C}}$

Szczegółowy rozbiór metody, gwoli której zdołaliśmy przedstawić symbolicznie węgiel i krzem, nietylko określa dokładnie znaczenie tych ostatnich symbolów, ale nadto uwydatnia

to w czém się one różnią od symbolów użytych do wyznaczenia pierwiastków uprzednio badanych. Bo podczas gdy symbole drukowane wodnym pismem oznaczały ciężar objętościowy pierwiastków, zredukowany do wodu przyjętego jako jednostkę czyli wyrażały w krytach ciężar normalnego litru tych pierwiastków, symbole drukowane zwykłym pismem wyrażają w krytach ciężar pierwiastków, zawarty w 2 litrach ich związków z wodem. Dla odróżnienia pierwszy ciężar nazywać będziemy ciężarem objętościowym, a drugi ciężarem połączeniowym. A zatem H, Cl, Br, I, O, S, Se, N, P i As wyrażają ciężar objętościowy odpowiednich pierwiastków, gdy tymczasem C i Si ciężar połączeniowy węgla i krzemu.

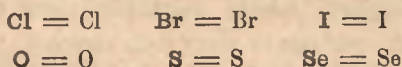
Jeżeli się zastanowimy jak szczupła jest liczba ciał bądź stale gazowych, bądź dających się ulotnić, a jak natomiast wiele jest ciał znanych tylko w stanie stałym, a co najwięcej ciekłym, natenczas przekonamy się jak trudno byłoby zaiste przecenić znaczenie ciężarów połączeniowych w sprawie rozwoju naszej chemicznej symbolistyki. Weźmy tylko to pod uwagę, że dotychczas wyznaczyliśmy dokładnie ciężar objętościowy zaledwie 13 pierwiastków, i że mało mieć możemy nadziei, aby resztujące 50 pierwiastków zdołano kiedykolwiek w parę obrócić. To też uwzględniając ten stan rzeczy, samo przez się nasuwa się pytanie, azali nie byłoby właściwszém całą symbolistykę chemiczną zbudować na podstawie ciężarów połączeniowych? Pytanie to jest tém więcej uprawnione, ile że z małymi wyjątkami prawie wszystkie ciężary objętościowe pierwiastków zgadzają się z ich ciężarami połączeniowymi.

Bo też w rzeczy samej poznaliśmy dotychczas tylko dwa pierwiastki z kategorii tych co się dają w stan lotny przekształcić, a o których wiemy z pewnością, że ich objętościowy ciężar nie przedstawia téj ponderalnej jednostki, która w związek wstępuje. Jest to fosfor i arsen. Świeżo jeszcze mamy w pamięci trudności jakie napotykalismy w formułowaniu fosforu i arsenku trójwodu. Bo chociaż badania wykazały, że ciężar objętościowy fosforu wynosi 62 a arsenu 150, co znaczy że normalny litr fosforu waży 62 kryty a normalny litr arsenu

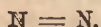
150 krytów, mimo to udowodniliśmy eksperymentalnie, że 2 litry fosforu trójwodu zawierają jeno $31 = \frac{62}{2}$ kr. fosforu, a 2 litry arsenku trójwodu tylko $75 = \frac{150}{2}$ kr. arsenu. Przeto tutaj ciężar połączeniowy nie równa się ciężarowi objętościowemu, lubo są do siebie w bardzo prostym stosunku: pierwszy jest o połowę mniejszy od drugiego. Jeżeli więc jednostkę ponderalną fosforu i arsenu, wstępującą w związek, napiszemy zwykłym drukiem, otrzymamy że

$$P = \frac{P}{2} \quad \text{a} \quad As = \frac{As}{2}$$

Ciężar objętościowy chloru, bromu i jodu, tlenu, siarki i selenu i wreszcie azotu wyraża w krytach ponderalną ilość tych pierwiastków zawartą w 2 litrach ich związków z wodem. Przeto tutaj ciężar połączeniowy równa się ciężarowi objętościowemu, w skutek czego



i wreszcie



Pozostaje jeszcze zbadać jaki jest ciężar połączeniowy wodu, którego ciężar objętościowy służył nam za jednostkę do wyznaczenia ciężaru objętościowego innych pierwiastków. Albowiem skorośmy powiedzieli, że ciężar połączeniowy każdego pierwiastku jest to ciężar téj jego ilości jaka jest zawarta w 2 litrach jego związku z wodem, to przecież w téj definicji nie oznaczyliśmy bynajmniej czém jest ciężar połączeniowy samego wodu; wypada nam tedy pojęcie połączeniowego ciężaru rozszerzyć w ten sposób, aby w nie włączyć ciężar połączeniowy wodu. Owoż rozszerzenie to uskuteczni się samo przez się, kiedy zbadaniem mnóstwa nowych związków zwiększymy znacznie widnokrąg naszej chemicznej wiedzy. Atoli już i teraz nadmienić możemy, antycypując to co wkrótce postaramy się dokładnie uzasadnić, że rozszerzone pojęcie połączeniowego ciężaru doprowadza nieochybnie do wniosku, iż

ciężar połączeniowy wodu = 1 kr., że przeto w sprawie wodu tak samo jak w sprawie chloru, bromu, jodu, tlenu, siarki, selenu i azotu, ciężar objętościowy wynosi tyle co ciężar połączeniowy, czyli że $H = H$, skąd wypada, że wód, który nam służył jako podstawa do porównywania ciężaru objętościowego pierwiastków, jest także jednostką czyli też podstawą do porównywania ich ciężaru połączeniowego.

Podstawienie połączeniowego ciężaru w miejsce ciężaru objętościowego dokonało wprawdzie pewnego przewrotu w naszej symbolistyce, jednakże żałować tego nie możemy, zważywszy, że z jednej strony przyczyni się to znacznie do jej rozszerzenia, gdy z drugiej zmiana w formie symbolów nie jest znów tak wielką aby nas odstraszać mogła. Oprócz tego miejmy także wzgląd i na to, że znaki wyrażające połączeniowy ciężar pierwiastków nadają pewną jednolitość naszej symbolistyce, a czego nie mielibyśmy wcale, gdybyśmy chcieli zatrzymać symbole objętościowego ciężaru dla pierwiastków lotnych, a symbole ciężaru połączeniowego dla nielotnych ciał.

W następującej tablicy zestawimy znane nam pierwiastki i ich związki, podając w pierwszym szeregu symbole wyznaczające ich objętościowy ciężar, a w drugim symbole wyznaczające ich ciężar połączeniowy.

	Pierwiastki.		Ciężar połączeniowy.	
	Ciężar objętościowy.		Ciężar połączeniowy.	
	Symbol.	Kryty.	Symbol.	Kryty.
Wod.	H	= 1	H	= 1
Chlor	Cl	= 35,5	Cl	= 35,5
Brom	Br	= 80	Br	= 80
Jod	I	= 127	I	= 127
Tlen	O	= 16	O	= 16
Siarka	S	= 32	S	= 32
Selen	Se	= 79	Se	= 79
Azot	N	= 14	N	= 14
Fosfor	P	= 62	P	= 31
Arsen	As	= 150	As	= 75
Węgiel	?		C	= 12
Krzem	?		Si	= 28

Związki.

	Symbole ciężaru objętościowego.		Symbole ciężaru połączeniowego.	
	Formułki.	Kryty.	Formułki.	Kryty.
Kwas chlorowod. . .	HCl =	36,5	HCl =	36,5
Kwas bromowod. . .	HBr =	81	HBr =	81
Kwas jodowodowy . .	HI =	128	HI =	128
Woda (para). . . .	H ₂ O =	18	H ₂ O =	18
Kwas siarkowod. . .	H ₂ S =	34	H ₂ S =	34
Kwas selenowod. . .	H ₂ Se =	81	H ₂ Se =	81
Amoniak	H ₃ N =	17	H ₃ N =	17
Fosforek trójwodu . .	H ₃ $\frac{P}{2}$ =	34	H ₃ P =	34
Arsenek trójwodu . .	H ₃ $\frac{As}{2}$ =	78	H ₃ As =	78
Gaz bagienny	H ₄ C =	16
Krzemek wodu	H ₄ Si =	32

Jedynе zboczenie w obu szeregach stanowią symbole fosforu i arsenu, gdyż jak to wiemy ciężar połączeniowy tych pierwiastków jest o połowę mniejszy od ich ciężaru objętościowego. Natomiast zgoda panuje zupełna w formułkach amoniaku, fosforu i arsenu trójwodu. W końcu nadmienić musimy, że gazu bagiennego i krzemku wodu nie możemy inaczej wyrazić jak tylko w symbolach ciężaru połączeniowego.

VII.

Dalszy rozwój chemicznej symbolistyki.— Oznaczenie ciężaru połączeniowego ciał przez badanie chlorków.— Chlorek tlenu i podobieństwo jego do wody. — Chlorek fosforu i arsenu, i podobieństwo ich do fosforu i arsenu trójwodu. — Chlorek węgla i krzemu, i podobieństwo ich do gazu bagiennego i do krzemku wodu.— Wyznaczenie ciężaru połączeniowego rtęci, bizmutu i cyny. — Ciężar połączeniowy wodu.— Bromki i jodki; porównanie ich z odpowiednimi chlorkami.— Wiele związków bromu i jodu nie daje się przekształcić w stan lotny.— Zastosowanie prawa wyprowadzonego z badania ciał lotnych do badania ciał stałych. — Związki tlenu i siarki. — Przejście od metody wolometrycznej do ponderalnej.

Chemiczna symbolistyka, której główne zasady poznaliśmy w poprzednich wykładach, a której znaczenie niemal zupełnie ocenić już możemy, zbyt szczupłe znalazła zastosowanie w dotychczasowych naszych badaniach. Wprawdzie zdołaliśmy za jej pomocą wyrazić kilka związków i objaśnić parę procesów chemicznych, atoli korzyść jakąśmy z tego odnieśli jest do prawdy niewiele znaczącą w porównaniu z tém olbrzymiém zastosowaniem jakie jej nadamy w dalszym ciągu, kiedy rozszerzymy ciasny obręb znanych nam związków i obejmimy do koła całą dziedzinę chemicznych zjawisk.

Możnaby mniemać, że czas już właśnie nadszedł do rozszerzenia podstawy naszych badań i że zaznajomiwszy się dostatecznie z symboliczną mową chemików, możemy już wyłonić

się po za ciasne granice związków wodu. Tak też jest w istocie, — a jeżeli zwlekaliśmy dotychczas, to tylko dla tego, że na zbadanej przez nas niwie mieliśmy jeszcze tyle rzeczy do powiedzenia, iż obawialiśmy się, aby pominięcie ich nie postawiło zawady naszemu kroczeniu naprzód.

Ale teraz, gdy taka obawa byłaby już płoną, powinniśmy przedewszystkiēm zająć się zbadaniem sposobów tworzenia nowych symbolów, albowiem to co dotąd o tē m wiemy jest bardzo jeszcze niedostateczne. Wszak cały nasz skarbiec wyrazowniczy ogranicza się tylko do tych kilkunastu nazw, któreśmy wypisali tabelarycznie na końcu uprzedniego wykładu, zestawując symbole ciężarów połączeniowych znanych nam pierwiastków z ich numeryczną wartością. Idzie nam tedy głównie i nadewszystko o wyznaczenie ciężaru połączeniowego innych pierwiastków.

Mając świeżo jeszcze w pamięci w jaki sposób doszliśmy do zdefiniowania pojęcia ciężaru połączeniowego, wydać się nam może zrazu, że i nadal w wyznaczaniu tego ciężaru ograniczać się ciągle będziemy jeno do związków wodu, co znowu — ze względu na szczupłą liczbę tych związków — utrudniłoby nam symbolizowanie wielu pierwiastków. Na szczęście są sposoby uniknięcia tēj niedogodności, — i jeżeli związkom tym daliśmy pierwszeństwo przed innymi, uczyniliśmy to tylko gwoli tego, że niewtajemniczeni w dziedzinę chemji najłatwiej mogą je zbadać, a przytē m i gwoli tego takż e, że są to ciała, z wyjątkiem wody, lotne w zwykłej temperaturze, w skutek czego mogliśmy snadno wybadać ich ciężar objętościowy, który właśnie był punktem zaczepnym naszych dalszych studjów.

Atoli oprócz wodu znamy jeszcze inne ciała, jak np. chlor, również lotne i tworzące szereg związków, które jeżeli niezawsze są gazowe, to przynajmniej z łatwością dają się przekształcić. Zachodzi tedy pytanie, ażali takż e za pomocą związków chloru zdołamy wyznaczyć ciężar połączeniowy? Odpowiedź na to pytanie dostarczy nam studjum nowēj grupy związków, zwanych chlorkami.

Chlor łączy się z tlenem w warunkach, o których później będziemy mówili i tworzy związek gazowy, barwą i wonią nappominający chlor, zwany tlenkiem podchlorynym;

pozwoimy jednak sobie zmienić tę nazwę i ze względu, że wszystkie w ogóle połączenia chloru nazywają się chlorkami, rzeczony związek jego z tlenem nazwiemy chlorem tlenem. Badania wykazały nam następujący skład tego ciała:

Chlorek tleny.

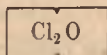
Ciężar objętościowy 43,5.

Ciężar 2 litrów $2 \times 43,5 = 87$ kr.

Skład dwóch litrów:

71 kr. =	$2 \times 35,5$ kr. =	2 cięż. poł. chloru
16 „		= 1 cięż. poł. tlenu
87 kr.		= 2 litr. chlorku tleny.

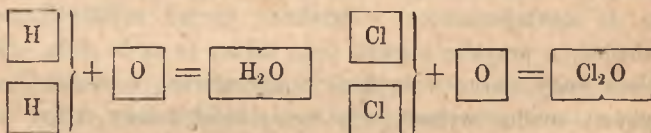
Z tego wyniku następująca formułka:



Byłoby, sądzą, zbytceźnym udowadniać, że chlorek tleny jest związkiem podobnym pod względem składu do wody i zajmującym w szeregu chlorków to samo miejsce co woda w szeregu połączeń wodu. Mamy więc prawo uważać chlorek tleny jako wodę, w której miejsce wodu zajął chlor.

Woda.

Chlorek tleny.



Przez ciężar połączeniowy tlenu rozumieliśmy przedtém ciężar tój jego ilości, która jest zawarta w 2 litrach jego związku z wodem. Gwoli zaś tego, cośmy wykryli teraz, badając chlorek tleny, możemy również powiedzieć, że ciężarem połączeniowym tlenu jestto ciężar tój jego ilości, która jest zawartą w 2 litrach jego związku z chlorem.

Chlor łączy się także z azotem, tworząc ciecz, zwaną chlorkiem azotu i odznaczającą się tém, że gwałtownie wybuchu. Właśnie dlatego nie zdołano dotychczas wyznaczyć ciężaru objętościowego tego ciała, a przeto mało co o nióm

powiedzieć możemy. Wolimy raczej zająć się połączeniami chloru z fosforem i arsenem, jako z dwoma pierwiastkami bardzo zbliżonymi do azotu. Oba one łączą się z chlorem w zwykłej temperaturze, w skutek czego powstaje w obu razach ciecz mająca silną woń i wydalająca w wilgotnym powietrzu białe kłęby dymu. Chlorek fosforu wrze w temperaturze 78°C ., a chlorek arsenu w temperaturze 132°C . Z badania obu tych cieczy otrzymano następujący rezultat:

Chlorek fosforu.

Ciężar objętościowy 68,75.

Ciężar 2 litrów $2 \times 68,75 = 137,5$ kr.

Skład dwóch litrów:

106,5 kr. = $3 \times 35,5 = 3$ cięż. poł. chloru

31 „ = 1 cięż. poł. fosforu

137,5 kr. = 2 litr. chlorku fosforu.

Zatém związek ten wyznaczymy w następującej formułce:



Chlorek arsenu.

Ciężar objętościowy 90,75.

Ciężar 2 litrów $2 \times 90,75 = 181,5$ kr.

Skład dwóch litrów:

106,5 kr. = $3 \times 35,5 = 3$ cięż. poł. chloru

75 „ = 1 cięż. poł. arsenu

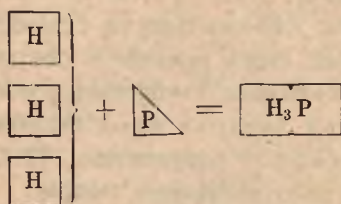
181,5 kr. = 2 litr. chlorku arsenu,

a stąd formułka:

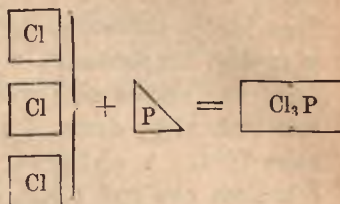


Następująca diagrama okazuje, że chlorek fosforu i arsenu jest umodelowany na wzór fosforu i arsenku trójwodu:

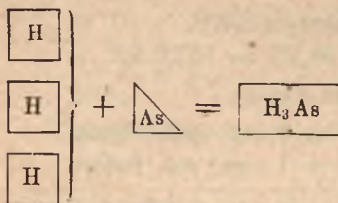
Fosforek trójwodu.



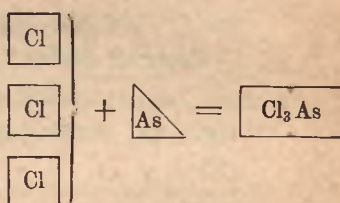
Chlorek fosforu.



Arsenek trójwodu.



Chlorek arsenu.



Dotychczas przywykliśmy ciężar połączeniowy fosforu i arsenu uważać jako ciężar tój ich ilości, która jest zawarta w 2 litrach ich związków z wodem; teraz zaś przekonywamy się, że jest on także ciężarem tój ich ilości, która jest zawarta w 2 litrach ich związków z chlorem.

Czwartym typowym związkiem wodu był gaz bagienny. Owoż istnieje podobny związek chloru, zwany chlorkiem węgla; jestto bezbarwna, przezroczysta ciecz, wydająca aromatyczną woń. Dotąd nie zdołano wytworzyć chlorku węgla przez bezpośrednie połączenie obu pierwiastków; otrzymujemy go zatem przez działanie chloru na gaz bagienny. Chlorek węgla wre przy temperaturze 77°C ., a jak badania okazały, ma następujący skład:

Chlorek węgla.

Ciężar objętościowy 77.

Ciężar 2 litrów $2 \times 77 = 154$ kr.

Skład dwóch litrów:

142 kr. = $4 \times 35,5$ kr. = 4 cięż. poł. chloru

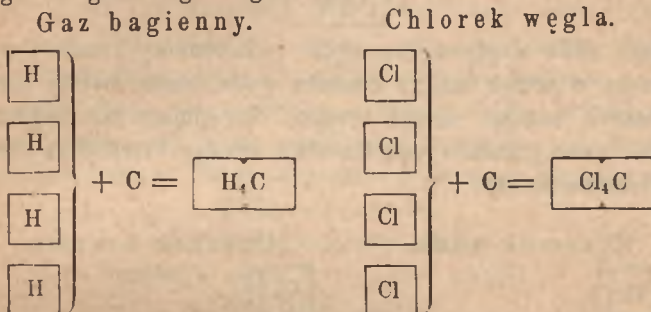
12 „ = 1 cięż. poł. węgla

154 kr. = 2 litr. chlorku węgla,

a stąd formułka:



Następująca diagrama unaocznia podobieństwo chlorku węgla do gazu bagiennego:



Widoczném jest przeto, że zarówno badając chlorek węgla jak analizując gaz bagienny, wyznaczyć możemy ciężar połączeniowy węgla.

Do gazu bagiennego przyrównywaliśmy krzemek wodu, jako związek podobny pod względem chemicznego składu. A jakkolwiek związek ten niedawno wykryty został i zbadany, wszelako z niego dopiero potrafiłszy wyznaczyć ciężar połączeniowy krzemu. Owoż można byłoby wątpić, ażali mamy prawo na tej podstawie wyprowadzone liczby przyjąć za bezwzględnie pewne, gdyby nie potwierdziła ich zarówno ponderalna jak i wolumetryczna analiza, dokonana nad związkiem krzemu z chlorem. Z czasem dowiemy się, w jakich warunkach chlor łączy się z krzemem; na razie zaś wystarczy zanotować, że chlorek krzemu jest cieczą wodnistą, dymiącą, która wre przy temperaturze 59° C. Z badania tego ciała otrzymano następujący rezultat:

Chlorek krzemu.

Ciężar objętościowy 85.

Ciężar 2 litrów $2 \times 85 = 170$ kr.

Skład dwóch litrów:

142 kr. = $4 \times 35,5 = 4$ cięż. poł. chloru

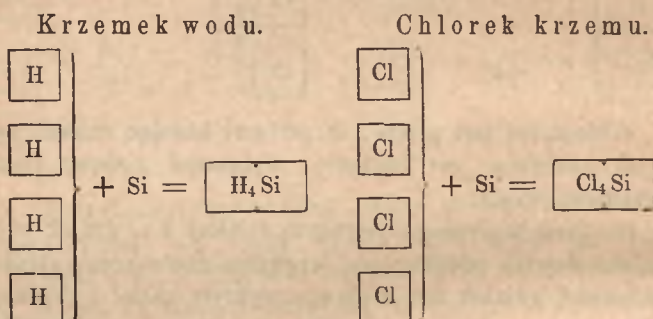
28 „ = 1 cięż. poł. krzemu

170 kr. = 2 litr. chlorku krzemu.

A zatem w dwóch litrach chlorku krzemu znajduje się 28 kr. krzemu, to znaczy ciężar tój ilości, która jest zawartą w 2 litrach krzemku wodu. Przeto skład chlorku krzemu wyrazimy w formułce:



z czego znów wypływa, że ciężar połączeniowy krzemu, wyznaczony w skutek analizy krzemku wodu, można byłoby także wyznaczyć, badając chlorek krzemu. Następująca zaś diagrama wskaże nam graficzne podobieństwo między krzemkiem wodu a chlorkiem krzemu:



Wkrótce zbadamy dokładniej wszystkie te połączenia chloru; na teraz zaś interesują nas one o tyle tylko, o ile potwierdzają wnioski nasze w sprawie ciężaru połączeniowego, wyprowadzone na mocy analizy połączeń wodu. Przekonaliśmy się bowiem, że kilka znanych nam pierwiastków zachowuje ten sam ciężar połączeniowy w 2 litrach związków wodu co i w 2 litrach związków chloru, że przeto wielkość tego ciężaru mogliśmy zarówno wyznaczyć badając pierwszą jak i drugą grupę ciał. Owoż ważność i znaczenie tego wniosku trudno byłoby zaiste przecenić, mając wzgląd na to, że niektóre tylko pierwiastki łączą się z wodem, że nawet — prawdę mówiąc — w dotychczasowych naszych badaniach zbadaliśmy prawie wszystkie połączenia wodu. Chlor zaś odznacza się właśnie obszerną skalą powinowactwa chemicznego; łączy się prawie ze wszystkimi pierwiastkami i tworzy przeważnie związki dające się snadno ulotnić, gwoli czego możemy łatwo wyznaczyć

ich ciężar objętościowy. Jak często używamy chlorków do zbadania ciężaru połączeniowego ciał, przekonać się można choćby z paru przykładów. Ale w tym celu musimy znany nam poczet pierwiastków powiększyć o kilka ciał nowych, a mianowicie z grona metali, które w ogóle okazują mało powinowactwa do wodu. I tak np. daremnie usiłowano dotąd połączyć wód z rtęcią, bizmutem i cyną, gdy tymczasem chlorki tych pierwiastków należą do ciał powszechnie znanych.

Rtęć łączy się z chlorem i tworzy biały, krystaliczny związek, który pod nazwą „sublimatu“ znany jest powszechnie jako silna trucizna. Badania podały następujący rezultat:

Chlorek rtęci.

Ciężar objętościowy 135,5.

Ciężar 2 litrów $2 \times 135,5 = 271$.

Skład dwóch litrów:

71 kr. chlor

200 „ rtęć

271 kr. chlorek rtęci.

A zatem w dwóch litrach pary chlorku rtęci znajduje się $71 = 2 \times 35,5$ kr. = 2 cięż. poł. chloru złączone z 200 kr. rtęci, który to ciężar uważamy jako ciężar połączeniowy rtęci i oznaczamy dwiema literami łacińskiej nazwy tego metalu (Hydrargyrum), a zatem $200 = \text{Hg}$, z czego wynika następująca formułka dla chlorku rtęci:



Bizmut tworzy także związek z chlorem. Z połączenia tych dwóch pierwiastków powstaje ciało stałe, krystaliczne, zwane chlorkiem bizmutu albo bizmutowym, którego skład jest następujący:

Chlorek bizmutu.

Ciężar objętościowy 157,25.

Ciężar 2 litrów $2 \times 157,25 = 314,5$ kr.

Skład dwóch litrów:

106,5 kr. chloru

208,0 „ bizmutu

314,5 kr. chlorku bizmutu.

A zatem w dwóch litrach pary chlorku bizmutu $106,5 = 3 \times 35,5$ kr. = 3 cięż. łącz. chloru połączone są z 208 kr. bizmutu. Ciężar ten uważamy jako ciężar połączeniowy tego me alu i podobnie oznaczamy dwiema literami łacińskiej nazwy, Bi = 208. Przeto chlorek bizmutowy wyrazimy w następującej formułce :



Wreszcie cyna pod wpływem chloru przekształca się w ciecz przezrystą, wodnistą i dymiącą w powietrzu; badania okazały, że chlorek cyny czyli téż cynowy wre przy temperaturze 120°C . i ma następujący skład :

Chlorek cyny.

Ciężar objętościowy 130.

Ciężar 2 litrów $2 \times 130 = 260$ kr.

Skład dwóch litrów :

142 kr. chloru

118 „ cyny

260 kr. chlorku cyny.

A zatem $142 = 4 \times 35,5$ kr. = 4 cięż. łącz. chloru połączone z 118 kr. cyny, tworzą dwa litry pary chlorku cyny. 118 kr. uważamy jako ciężar połączeniowy cyny i oznaczamy dwiema literami łacińskiej jej nazwy (Stannum); a zatem $\text{Sn} = 118$, a chlorek cyny wyraża się w następującej formułce :



Powyższe badania nad związkami chloru rozszerzyły nieco zakres naszej chemicznej wiedzy. Bo nie tylko zdobyliśmy nową metodę do wyznaczania ciężaru połączeniowego ciał; — nie tylko sprawdziwszy ją na związkach chloru z tlenem, fosforem i arsenem, węglem i krzemem, zastosowaliśmy następnie do zbadania rtęci, bizmutu i cyny; ale nadto rozszerzyliśmy na tyle pojęcie ciężaru połączeniowego, że możemy obecnie wyznaczyć ten ciężar i dla wodu. Dokąd bowiem ograniczaliśmy się badaniem związków wodu w sprawie ciężaru połączeniowego

innych pierwiastków, dopóty też nie mogliśmy wyznaczyć ciężaru tego dla samego wodu; ale teraz kiedy możemy posługiwać się związkami chloru, rzecz prosta, że i ciężar wodu obliczyć możemy. Ilość jego zawarta w 2 litrach kwasu chlorowodowego jest tedy jego ciężarem połączeniowym. Owoż ciężar ten wynosi 1 kr., co znaczy, że ciężar połączeniowy wodu równa się jego ciężarowi objętościowemu. Wiemy już skądinąd, że to samo prawo stosuje się i do innych pierwiastków.

Jakkolwiek badania te nad chlorkami wzbogaciły znacznie naszą wiedzę w sprawie ciężaru połączeniowego ciał, jednakże nie wyczerpały jej dotąd wcale. Wiele jeszcze rzeczy dałoby się powiedzieć, wielu wymagać mamy prawo, a przede wszystkim tego, aby pojęciu ciężaru połączeniowego nadać tak ogólne znaczenie, iżbyśmy się mogli oswobodzić od związków chloru i wodu. Być może, że czegoś podobnego dopniemy, jeżeli jeszcze raz przejrzymy, choćby pobieżnie, znane już nam związki.

Idzie tedy głównie o rozszerzenie pojęcia ciężaru połączeniowego wodu, który to ciężar wyznaczyliśmy badając kwas chlorowodowy. W tym celu możemy się posługiwać związkami bromu i jodu. Wiemy bowiem z poprzedniego, że kwas bromowodowy i jodowodowy są zupełnie podobne do kwasu chlorowodowego. Dwa litry kwasu bromowodowego i jodowodowego tak samo jak 2 litry kwasu chlorowodowego zawierają 1 kr. wodu; skąd wynika, że chcąc wyznaczyć ciężar połączeniowy tego pierwiastku, możemy się bezwzględnie posługiwać bądź jego związkiem z chlorem, bądź z bromem lub jodem.

Ale zupełnie inny otrzymalibyśmy rezultat, gdybyśmy chcieli wyznaczyć ciężar połączeniowy wodu z jego związku z tlenem. W dwóch litrach pary wodnej zawiera się 2 kryty wodu, zaczęm jego ciężar połączeniowy równa się 2 kr. i jest dwa razy większy od ciężaru zawartego w jego związkach z chlorem, bromem i jodem. To samo byłoby naturalnie, gdybyśmy badali kwas siarkowodowy i selenowodowy.

Domyślamy się już teraz jaki byłby rezultat gdybyśmy badali amoniak, związek wodu z azotem. Dwa litry amoniaku tak samo jak 2 litry fosforku i arsenku trójwodu zawierają

3 kr. wodu; przeto ciężar połączeniowy wodu, wyznaczony z badania tych związków, byłby trzy razy większy od tego ciężaru, którego nam dostarczyła analiza kwasu chloro-, bromo- i jodowodowego.

Przypominamy sobie wreszcie, że dwa litry gazu bagiennego, jako też krzemku wodu, zawierają 4 kr. wodu. Wyprowadzony stąd ciężar połączeniowy wodu byłby cztery razy większy niż ciężar wyznaczony z jego związków z chlorem, bromem lub jodem.

Na pierwszy rzut oka zdaje się, że rozumowanie to nie tylko nie zbliża nas do celu, ale przeciwnie, oddala. Lecz w gruncie rzeczy tak nie jest, bo jakkolwiek ciężar połączeniowy wodu, wyprowadzony ze związków jego z chlorem, bromem i jodem, nie napotyka się w związkach z tlenem, siarką i selenem, z azotem, fosforem i arsenem, ani wreszcie z węglem i krzemem, to jednak ilość a właściwie ciężar wodu, zawarty w tych ostatnich związkach, jest w stosunku wielokrotnym do jego ciężaru zawartego w pierwszych.

Ciężar połączeniowy chloru wyznaczyliśmy, badając kwas chlorowodowy. Z tego cośmy mówili o wodzie, o amoniaku i o gazie bagiennym, jakoteż i o innych związkach wodu, zbudowanych według rzeczonych wzorów, wnosić możemy, że i w dwóch litrach odpowiednich chlorków nie napotkamy ciężaru połączeniowego chloru. Natomiast spodziewać się możemy, że ilość jego zawarta w tych związkach będzie się miała w stosunku wielokrotnym do tego ciężaru. I tak też jest w istocie, albowiem w 2 litrach chlorku tlenu zawarta ilość chloru jest dwa razy cięższa od jego ciężaru połączeniowego, w 2 litrach chlorku fosforu i arsenu trzy razy, a w 2 litrach chlorku węgla i krzemcu cztery razy cięższa od tegoż ciężaru.

Badania nasze nie były tedy wcale bezużyteczne. Doprowadziły nas bowiem do wykrycia ważnej doświadczalnej prawdy, że wód i chlor nie tylko wstępują w związki w stosunku prostym, według ciężaru połączeniowego, ale nadto w stosunku wielokrotnym, według tegoż ciężaru, wziętego podwójnie, potrójnie, poczwórnie.

Mamyż przypuszczać, że tylko wód i chlor obdarzone są tą własnością wstępowania w związki w stosunku wielokrotnym? Bynajmniej — bo to, że własność tę wykryliśmy jeno w tych dwóch pierwiastkach, nie orzeka wcale o nieistnieniu jej w innych, a jest tylko następstwem tego, że dotychczas zajmowaliśmy się głównie połączeniami wodu i chloru, mało się troszcząc o związki innych ciał. To też sądząc z analogji, możemy śmiało przypuszczać — co zresztą udowodnimy w dalszym ciągu — że i inne pierwiastki mogą wstępować w związki w stosunku wielokrotnym czyli mówiąc innemi słowy, że w dwóch normalnych litrach ich związków nie tylko napotkamy ich ciężar połączeniowy pojedynczo wzięty, ale także podwójnie, potrójnie i t. d. Przypuszczenie to wskazuje zarazem, które związki uważać należy za normę do wyznaczania ciężaru połączeniowego. Prosta jest bowiem rzeczą, że bez dalszych odwoływań się przyjąc odtąd należy związki wodu, chloru, bromu, jodu za taką normę, i ciężar ilości jakiegokolwiek bądź pierwiastku, zawarty w dwóch litrach tych związków, uważać jako ciężar połączeniowy tegoż pierwiastku, a to z tój prostej racji, że nie znamy dotąd takiego związku, którego dwa litry zawierałyby mniejszą ilość, a tém samém i mniejszy ciężar zbadanych pierwiastków.

Ze stanowiska do którego dotarliśmy, obejrawszy się dokoła, możemy już nieco zgłębić naturę chemicznych związków, przedewszystkiém zaś możemy rozszerzyć znaczenie tego, cośmy dotąd nazywali ciężarem połączeniowym. Idzie nam głównie o dowiedzenie się ażali to co wiemy o tym ciężarze, daje nam prawo wnioskować o składzie innych związków? — czyli téż, chcąc dokładniej sformułować nasze pytanie, ażali taka sama ilość tlenu, fosforu etc., jaką wykryliśmy w związkach tych ciał z wodem i chlorem, wstępuje także w związek z innymi pierwiastkami? Słowem ażali pierwiastki łączą się zawsze w stosunku ciężarów połączeniowych, bądź pojedynczo wziętych, bądź wielokrotnie?

Zeby odpowiedzieć na to pytanie, musimy jeszcze w poczet znanych nam związków dopisać parę nowych, powstających z łączenia się wspomnianych tu tylokrotnie pierwiastków.

Wprawdzie takie ciągle zwiększanie liczby przeróżnych związków obciążać może pamięć moich słuchaczy, z tém wszystkiém odważam się na przytoczenie kilku nowych nazw, bo tylko na rozszerzonym gruncie naszych badań zdołamy pogłębić się w najskrytsze tajnie chemicznych procesów.

Wiemy już, że brom i jod są to dwa pierwiastki wielce podobne pod względem chemicznym do chloru; również podobne są do siebie — tak co do składu jak i co do własności, — związki tych trzech pierwiastków z wodem: kwas chlorowodowy, bromowodowy i jodowodowy. Sądząc tedy z tego podobieństwa bromu i jodu do chloru w łączeniu się z wodem, mamy prawo przypuszczać, że oba te elementarne ciała łącząc się z innymi pierwiastkami tworzą także związki według wzorów jakie chlor przedstawia.

W następującej tablicy wypisaliśmy właśnie bromki i jodki, znane dotychczas, i wyraziliśmy w formułkach rezultat eksperymentalnego badania ich składu. Uszykowaliśmy je przytém równolegle do znanych już nam związków chloru.

Wód	HCl	HBr	HI
Tlen	Cl ₂ O	—	—
Rtęć	Cl ₂ Hg	Br ₂ Hg	I ₂ Hg
Fosfor	Cl ₃ P	Br ₃ P	I ₃ P
Arsen	Cl ₃ As	Br ₃ As	I ₃ As
Bizmut.	Cl ₃ Bi	Br ₃ Bi	I ₃ Bi
Węgiel.	Cl ₄ C	—	—
Krzem	Cl ₄ Si	Br ₄ Si	—
Cyna	Cl ₄ Sn	Br ₄ Sn	I ₄ Sn

Rozpatrzmy się w tej tablicy. Przedewszystkiem uderzają nas luki w szeregach bromu i jodu, wykazujące, że niektóre pierwiastki, łączące się z chlorem, nie dały się dotychczas złączyć ani z jodem ani nawet z bromem. Połączenia zaś znane posiadają — jak to okazują formułki — skład podobny do odpowiednich chlorków. Ciężar połączeniowy pierwiastku, który (jak np. rtęć) łączy się z 2 cięż. łącz. chloru, łączy się także z 2 cięż. łącz. bromu i jodu. Również ciężar połączeniowy takich pierwiastków, które (jak np. fosfor, arsen, bizmut) łączą się z 3 cięż. łącz. chloru, łączą się także z 3 cięż. łącz. bromu i jodu, i wreszcie łączące się z 4 cięż. łącz. chloru (jak np. krzem, cyna) łączą się podobnie z 4 cięż. łącz. bromu i jodu. O ile przeto rzecz dotyczy stosunku ciężarowego, w jakim chlor z jednej strony, a brom i jod z drugiej łączą się z rzeczonymi pierwiastkami, to już większego podobieństwa między chlorkami a bromkami i jodkami nie można byłoby nawet pomyśleć. Pytanie jednak ażali to samo podobieństwo cechuje te związki pod względem stosunku objętościowego? ażali ciężar bromków i jodków wyrażony w formułkach wypełnia tę samą przestrzeń to jest 2 normalne litry tak jak to widzieliśmy w odpowiednich chlorkach? Kropkowane dwulitrowe czworoboki, pomieszczone w szeregach bromków i jodków, wykazują, że pytanie powyższe w większości wypadków jest jeszcze nierozstrzygnięte w obecnej chwili.

Niektóre tylko związki bromu i jodu zdołano zważyć w stanie lotnym. Z pośród bromków wyznaczono ciężar objętościowy tylko kwasu bromowodowego i bromku rtęci, a z pośród jodków tylko kwasu jodowodowego i jodku rtęci i arsenu. Wszystkie zaś inne wyliczone w powyższej tablicy związki bromu i jodu są albo bardzo mało lotne, albo też rozkładają się przy ogrzewaniu; to też dotychczas nie zdołano wyznaczyć ich ciężaru objętościowego, a przeto nie znamy ciężaru ich dwóch litrów. Jeżeli mimo to odważyliśmy się przez kropkowane czworoboki formułek wyrazić objętość 2 litrów, opieraliśmy się głównie na tém, że odpowiednie chlorki dostarczają dwóch litrów gazu i następnie na tém, że dwa litry tych paru zbadanych bromków i jodków zawierają właśnie ten

ciężar każdej składowej części, jaki wyraziliśmy w formułkach. Możliwym jest, że z czasem zdołamy doświadczalnie potwierdzić to przypuszczenie; zanim to jednak nastąpi, będziemy przez kropkowane czworoboki formułek wyrażali przypuszczalną objętość 2 litrów.

Jeżeli jednak teraz wrócimy do pytania, któreśmy zadali sobie powyżej, a na które odpowiedzi dostarczyć miała analiza związków bromu i jodu, okaże się żeśmy się bardzo niewiele zbliżyli do wytkniętego przed nami celu. Zapytywaliśmy bowiem siebie, ażali napotkamy ciężar połączeniowy tlenu, fosforu, węgla i t. d. w dwóch litrach odpowiednich bromków i jodków i ażali brom i jod wstępują w związki nie tylko według ciężaru połączeniowego wziętego pojedynczo, ale także według ciężaru wziętego podwójnie, potrójnie i t. d. — i przekonaliśmy się, że tylko w paru razach stanowczo odpowiedzieć możemy, a że w wielu innych przypuszczenie jest naszym udziałem. Atoli rezultat podjętych dopiero co badań o ile zawiódł nas pod tym względem o tyle przyniósł korzyści pod innym. Dotychczas ciężaru połączeniowego pierwiastków w pojęciu naszym nie mogliśmy oddzielić od objętości dwóch litrów; teraz zaś po raz pierwszy przekonujemy się, że rozdział tych dwóch rzeczy jest w gruncie możliwym i że ciężar taki wyprowadzony z analizy związków lotnych i ich symbolów daje się dokładnie i ze wszelką umiejętną ścisłością zastosować do formułowania jakichkolwiek związków, bez względu na to ażali one są lotne czy też stałe, ażali się przekształcają pod wpływem ciepła czy też rozkładają na swe składowe części. Odtąd już wiemy, że do sformułowania związku nie mamy potrzeby wyznaczać jego ciężar objętościowy, lecz że na to wystarczy znajomość stosunku ciężarowego w jakim pierwiastki się łączą w celu utworzenia danego związku, aby następnie stosunek ten wyrazić za pomocą symbolów ciężaru połączeniowego. Przekonaliśmy się bowiem, że ciężar połączeniowy wodu, tlenu i rtęci, fosforu, arsenu i bizmutu, wreszcie węgla, krzemu i cyny, który łączy się respektywnie z 1, 2, 3 i 4 ciężarami połączeniowymi chloru, łączy się respektywnie także z 1, 2, 3 i 4 cięż. łącz. bromu i jodu. A jakkolwiek niektóre tylko z tych związków istnieją w stanie lotnym, jednakże ośmielamy

się wyrazić je w formułkach, podobnych do odpowiednich chlorków, wychodząc z tej zasady, że łączenie się według pewnych stosunków ciężarowych (według ciężaru połączeniowego wziętego pojedynczo lub wielokrotnie) uważamy jako wspólną własność materji pierwiastkowej, niezależną bynajmniej od tego, ażali utworzone związki są ciała lotne czy też stałe.

Wnioski wyprowadzone z badania składu bromków i jodków każą nam przypuszczać, że im więcej będziemy poznawali ciał nowych, tém częściej nadarzać się nam będzie sposobność potwierdzania dopiero co wygłoszonego prawa o łączeniu się pierwiastków. Nie wątpimy już teraz, że tlen, siarka i rtęć, że fosfor, arsen i bizmut, że wreszcie węgiel, krzem i cyna, znane nam ze związków z wodem, chlorem, bromem i jodem, jeżeli się łączą ze sobą, jednoczą się niechybnie według ciężaru połączeniowego (bądź pojedynczo wziętego bądź wielokrotnie), bez względu na to, ażali uformowane związki będą stałe czy też lotne. Tak mocno jesteśmy o tem przekonani, że naprzód już powiedzieć możemy, iż jeżeli związki te dadzą się bez rozkładu ulotnić, ciężar ich wyrażony w formułce wypełni z pewnością przestrzeń dwóch normalnych litrów.

Doświadczenia potwierdziły zupełnie nasze przewidywanie. Wszelako ponieważ nie leży w naszym zakresie rozbiór szczegółowy związków, jakie pomienione pierwiastki między sobą tworzą; i nadto ponieważ ze wzoru snadno już możemy wyczytać chemiczny ich skład; przeto wystarczy — sędzę — jeżeli najważniejsze związki z całej tej grupy ciał wypiszemy tabelarycznie, trzymając się umówionego już znaku, że ciała, których nie znamy w stanie lotnym lub które nie zostały dostatecznie w tym stanie zbadaue, wyrazimy w formułkach, wpisanych w kropkowane czworoboki.

	Związki	
	z tlenem	z siarką.
Tlen	—	SO ₂
Siarka	SO ₂	—
Rtęć	HgO	HgS
Azot	N ₂ O ₃	—
Fosfor	P ₂ O ₃	P ₂ S ₃
Bismut	Bi ₂ O ₃	Bi ₂ S ₃
Węgiel	CO ₂	CS ₂
Krzem	SiO ₂	SiS ₂
Cyna	SnO ₂	SnS ₂


Z powyższej tablicy snadno dopatrzeć, jak rozległe otworyłoby się przed nami pole do badań, gdybyśmy chcieli wszystkie te związki poszczególnie wystudjować. Atoli nie starczy nam na to czasu: musimy wszelako zauważyć, że związki te pomimo swęj liczby i różnaitości, jakoteż bez względu na to czy są stałe czy lotne, dadzą się jednak wyrazić w tych właśnie ciężarach połączeniowych, któreśmy wyznaczyli na mocy wolumetrycznych badań. Przypatrując się powyższej tablicy, dostrzegamy bowiem, że pierwiastki albo się łączą według ciężarów połączeniowych, pojedynczo wziętych, albo też w stosunku wielokrotnym i to tak że ciężar połączeniowy jednego pierwiastku łączy się z dwoma ciężarami połączeniowymi pierwiastku drugiego, albo też że dwa ciężary połączeniowe jednego łączą się z trzema ciężarami drugiego. Przekonywamy się przytęm, że ciężar związku, będący sumą ciężarów połączeniowych składowych części, wypełnia objętość dwóch normalnych litrów, naturalnie jeżeli związek ten daje

się ulotnić. Atoli to, że większość formułek powyższej tablicy wpisana jest w kropkowane czworoboki, wskazuje, iż mało z wyliczonych tu związków znamy w stanie lotnym. Niektóre z nich jak np. związek rtęci z tlenem, pod wpływem ciepła rozkładają się na składowe części; inne są stałe lub ciekłe w najwyższej temperaturze, a tylko parę daje się ulotnić.

W niniejszym wykładzie z mnóstwa przeróżnych chemicznych związków wybraliśmy tylko niektóre, te mianowicie, których zbadanie obiecywało nam wykrycie prawa, rządzącego łączeniem się pierwiastków. Postępowaliśmy przytém nader przezornie; wychodząc bowiem z tój zasady, której hołdowniciliśmy w całym ciągu niniejszego dzieła, a gwoli której kroczyć zawsze należy od rzeczy znanych do nieznanych, nawiązała ismy nić naszych rozumowań do tych ciał i związków, z którymi obeznaliśmy się już w poprzednich wykładach. Taki plan kampanji był dla nas rękojmią, że zdołamy pokonać trudności, jakie na drodze naszej napotkać możemy.

Zaczęliśmy tedy zrazu od ciał lotnych, jako dostępnych dla objętościowej analizy, wkrótce jednak musieliśmy przejść do ciał stałych, które jako takie dają się jeno za pomocą wagi wybadać. Atoli i te stałe ciała, łącznie z lotnemi, tworzą najczęściej związki bądź gazowe bądź też dające się ulotnić; owoż korzystając z tego, udało się nam i owe ciała stałe wprowadzić w zakres naszych objętościowych badań. Jednak niezawsze sposób ten dawał się zastosowywać: napotkaliśmy bowiem związki, których ulotnić nie było środka, i do których przeto musieliśmy zaaplikować metodę ponderalną. Przekonaliśmy się nawet wkrótce, że ciał nielotnych jest najwięcej z pomiędzy znanych pierwiastków, i że związki stałe stanowią większość z pośród wszystkich ciał przyrody. Nie mogąc tedy mierzyć objętości, poczęliśmy ważyć ciężar i waga stała się odtąd naszym przewodnikiem. Jednak nie można powiedzieć, żebyśmy zmieniawszy metodę, byli ponownie również bezbronni i ciemni jak wtedy, gdyśmy przystępowali dopiero do badania chemji. Te zasoby wiedzy, któreśmy zdobyli przy studjowaniu związków gazowych, utworowały nam drogę do wykrycia prawa, rządzącego łączeniem

się wszystkich ciał, składem wszystkich związków, bez względu na to ażali te związki, czy też składające je pierwiastki są stałe lub lotne. Albowiem fakt ten, że pierwiastki, wstępując w związki, łączą się według pewnych doświadczalnie wyznaczonych ciężarów lub w stosunku wielokrotnym tychże ciężarów, jest kluczem do zrozumienia wszystkich zgoła chemicznych zjawisk.



VIII.

Różne metody badania chemicznych zjawisk. — Zstępowanie od ogółu do szczegółu i wstępowanie od szczegółu do ogółu. — Dodatnie i ujemne strony ostatniej metody. — Pojęcie ciężaru połączeniowego. — Rozszerzenie tego pojęcia. — Sposoby wyznaczania ciężaru połączeniowego takich pierwiastków, które tworzą lotne związki. — Prawdopodobny ciężar połączeniowy fluoru. — Niemożliwość wyznaczenia ciężaru połączeniowego takich pierwiastków, które nie tworzą lotnych związków. — Pojęcie ciężaru zastępczego. — Oznaczenie ciężaru zastępczego sodu i potasu z badania ich związków z tlenem, chlorem i azotem. — Wyjaśnienie za pomocą chemicznych równań działania sodu i potasu na wodę, na kwas chlorowodowy i na amoniak. — Stosunek ciężaru zastępczego do ciężaru połączeniowego. — Pomoc fizyki w wyznaczaniu ciężaru połączeniowego. — Ciepło gatunkowe pierwiastków. — Oznaczenie ciepła gatunkowego sodu i potasu, rtęci, bizmutu i cyny, i wreszcie srebra, ołowiu, złota i platyny, — a stąd wnioski o ciężarze połączeniowym tych pierwiastków. — Krystaliczne formy związków.

Zadaniem niniejszych wykładów jest wyjaśnienie zjawisk chemicznych tym co o chemji albo żadnego, albo bardzo słabe mają pojęcie. Dla dopięcia tego celu mamy dwie drogi przed sobą otwarte. Możemy rzecz rozpocząć od wykładu ogólnych praw, wykrytych z badania zjawisk przyrodniczych, aby następnie, opisując szczegółowe zjawiska, wykazywać za każdym razem zależność ich od owych praw ogólnych. Albo też dążąc w przeciwnym kierunku, możemy rozpocząć od opisu

jakiegokolwiek szczegółowego zjawiska, aby wyprowadzone stąd wnioski zastosować do badania innych zjawisk. Tym sposobem odsłaniamy zrazu to, co jest wspólnym znamieniem całej kategorii fenomenów pokrewnych, z czasem zaś cechy jednej kategorii sprzęgamy z cechami kategorii innej i podczas gdy liczbę wspólnych znamion zwiększamy coraz bardziej, dochodzimy w końcu do wykrycia tych samych ogólnych praw, które były punktem wyjścia dla pierwszej metody. W pierwszym razie dążymy od ogółu do szczegółu i ogół jest jakby zwierciadłem, w którym po kolei odbijają się obrazy szczegółowych zjawisk; gdy według drugiej metody wnosimy się od szczegółu do ogółu i szczegółowe zjawiska są jakby szczeblami drabinki, po której wstępując, coraz szerszy widnokrąg obejmujemy dokoła.

W uprzednich wykładach trzymaliśmy się tej ostatniej metody. Jest bowiem właściwością umysłu ludzkiego, że szczegóły snadniej uprzystępnia sobie niż wszelkie ogólne twierdzenia. Przeto i my, ułatwiając sobie zrozumienie ogólnych praw przez wystudjowanie szczegółowych zjawisk, dążyliśmy właściwie tą samą drogą, którą udeptali chemicy, zanim wykryli te prawa.

Wszelako metoda taka ma pewne ujemne strony. Doświadczenia z rozmaitych kategorii zjawisk gromadzone w celu dopięcia jakiegokolwiek celu, okazują się luźne i jakby pozbawione wszelkiej wzajemnej łączności, dopóki cel ten jasno wytkniętym nie jest; a wytknąć celu jasno niepodobna zanim się nie zgromadzi odpowiedniej liczby doświadczeń. Wszystko to nuży i wymaga zbytnej uwagi ze strony czy to słuchacza czy też czytelnika, który pamięć swą obciążać musi mnóstwem odłącznych faktów, a nie może ich uszykować, aby w tym uszykowaniu znaleźć chwilę odpoczynku. Najwybitniej zaś okazują się ujemne strony tej metody, kiedy faktów nagromadzi się takie mnóstwo, że dosięgnąwszy do celu niepodobna ich sobie uprzytomnić, bo nie ma środka przejrzeć w ich ogromie drogi, po której się kroczyło, zanim się do mety doszło.

Trudno byłoby zaprzeczyć, że zarzut, jaki pomienionej metodzie zrobić można, daje się w części i do nas zastosować. Boć przecie i my, rozwijając pojęcie o ciężarze połączeniowym

pierwiastków, gromadziliśmy mnóstwo faktów, przeważnie z dziedziny zjawisk, zupełnie nam dotychczas nieznaną, troszcząc się zaiste mało o to, ażali fakty te nie obciążą zbyt ciężko pamięci słuchaczy naszych. Groziło nam tedy i grozi jeszcze niebezpieczeństwo utracenia przewodniej nici naszych rozumowań pod natłokiem tak różnorodnego materiału umiejętności zdobywcy chemji.

Wszelako przyznanie się do winy, zmniejsza ją o połowę; znosi zaś zupełnie jeżeli jest naprawioną. Korzystając przeto z tego, żeśmy obejrżeli się w porę, musimy pojęcie ciężaru połączeniowego, z którego wszystko dalsze wylaniać się będzie, jasno sobie wprzód przedstawić, zanim w dalszą puścimy się drogę. Owoż rzućmy jeszcze raz wzrokiem na przebytą już przez nas przestrzeń, postarajmy się ze spostrzeżeń robionych po drodze wycisnąć co się tylko da, aby wreszcie w szczupłych ramach streszczenia zestrzelić najważniejsze rzeczy i fakty, z których owo pojęcie stopniowo i mozolnie się wylaniało.

Przypomnijmy sobie tedy na wstępie, że pojęcie ciężaru połączeniowego poczerpnęliśmy z doświadczenia. W pierwszym naszym eksperymencie widzieliśmy jak litr wodu łączył się z litrem chloru w celu utworzenia 2 litrów kwasu chlorowodowego. Następne nasze eksperymenty wykazały, że przy powstawaniu wody 2 litry wodu jednoczą się z litrem tlenu, a przy powstawaniu amoniaku 3 litry wodu z litrem azotu, jakoteż że 3 litry składowych części wody a nawet i 4 litry składowych części amoniaku tworzą tylko 2 litry złożonego ciała. Stąd to powstała w nas myśl używania objętości 2 litrów do porównywania złożonych gazów; stąd też później, kiedy w celu treściwego unaozniania naszych badań, ciężar litru pierwiastkowych gazów (czyli ich ciężar objętościowy wyrażony w krytach) oznaczyliśmy symbolicznie przez pierwszą literę ich nazwy, z liter tych utworzone formułki wyrażały także objętość dwóch litrów. Dopóki przeto mieliśmy do czynienia z ciałami gazowymi lub dającymi się snadno ulotnić, dopóty symbole ciężaru objętościowego wystarczały zupełnie wymaganiom naszej chemicznej symbolistyki. Atoli odkąd w badaniach naszych potraciliśmy o węgiel i o krzem, a więc o dwa pierwiastki nielotne, odtąd

tęż uprzednia symbolistyka zadawalniać nas nie mogła i trzeba było ją nagiąć do nowych wymagań. W miejsce ciężaru objętościowego postawiliśmy ciężar połączeniowy. Mimo to objętość dwóch litrów znalazła i tutaj zastosowanie. Nazwaliśmy bowiem ciężarem połączeniowym węgla tę jego ilość, w krytach wyrażoną, która w związku z wodem tworzy 2 litry gazu bagiennego, ciężarem zaś połączeniowym krzemu tę jego ilość, która również w związku z wodem tworzy 2 litry krzemku wodu. Prosta jest rzeczą, że doszedłszy do tego punktu, wpadliśmy na myśl rozszerzenia pojęcia ciężaru połączeniowego także do lotnych pierwiastków. Owoż badania okazały, że ciężar połączeniowy tych elementów to jest ciężar tej ich ilości, która w związku z wodem tworzy 2 litry złożonego ciała, jest w prostym stosunku do ich ciężaru objętościowego, albowiem w większości wypadków jest mu zupełnie równy — jak w sprawie chloru, bromu i jodu, tlenu, siarki i senu, i wreszcie azotu; — w innym zaś razie — jak w sprawie fosforu i arsenu — ciężar połączeniowy jest o połowę mniejszy od ciężaru objętościowego. W dalszym ciągu naszych badań wartość ciężaru połączeniowego pierwiastków i ich symbole nabrały jeszcze większego znaczenia, kiedyśmy się przekonali, że ten sam ich ciężar, który w związku z wodem tworzy objętość 2 litrów ciała złożonego, tworzy także taką samą objętość w związku z chlorem.

Atoli badając chlorki, wykryliśmy nową metodę wyznaczania ciężaru połączeniowego, i natychmiast zastosowaliśmy ją do rtęci, bizmutu i cyny, a więc do metali, których połączeń z wodem nie znamy. Wyzaczyliśmy także ciężar połączeniowy wodu, a wykrywszy, że równa się on jego ciężarowi objętościowemu, odnieśliśmy tę korzyść, że oba szeregi ciężarów — to jest szereg ciężarów połączeniowych i szereg ciężarów objętościowych — zredukowaliśmy do wspólnej jednostki, do ciężaru normalnego litru wodu. Przekonawszy się wreszcie, że można wyznaczyć ciężar połączeniowy pierwiastków za pomocą analizowania chlorków, usiłowaliśmy zbadać azali i inne grupy związków obdarzą nas tym samym rezultatem, i wykryliśmy ku wielkiemu naszemu zadowoleniu, że bromki i jodki dają się jak najlepiej zastosować w tym celu. Poszliśmy

tedy dalej tą samą drogą, chcąc wy badać azali związki tlenu, azotu i węgla przydadzą się na co w tym względzie. Otrzymaliśmy atoli rezultat nieco odmienny: wartość ciężaru połączeniowego była inna niż przedtém, wszelako miała się w prostym stosunku do tamtój, albowiem ciężar wodu zawartego w 2 litrach pary wodnej był dwa razy większy, w 2 litrach amoniaku trzy razy, a w 2 litrach gazu bagiennego cztery razy większy od jego ciężaru połączeniowego to jest od ciężaru tój jego ilości, która wstępuje w związek z chlorem, bromem i jodem, w celu utworzenia dwóch litrów kwasu chlorowodowego, bromowodowego i jodowodowego. Tutaj przeto odkryliśmy po raz pierwszy to, czego już mogliśmy się spodziewać badając objętościowy skład ciał złożonych, że pierwiastki wstępują w związki nietylko w prostym stosunku ciężarów połączeniowych, ale także w stosunku wielokrotnym. Ten sam rezultat otrzymaliśmy, kiedy przyszło się nam wyznaczyć ciężar połączeniowy chloru z jego związków z tlenem, fosforem i węglem. Wykryliśmy bowiem, że chlorki tych pierwiastków w objętości dwóch litrów zawierają podwójnie, potrójnie i poczwórnie ciężar połączeniowy chloru. Mając takie dwa jednakowe rezultaty, tak zgodne pod każdym względem, jeden z wodem a drugi z chlorem, wyprowadziliśmy wniosek, że i inne pierwiastki łączą się także nietylko w prostym stosunku ciężaru połączeniowego, ale i w stosunku wielokrotnym tworząc objętość dwóch litrów związku.

Sumiennie oceniwszy wynik naszych badań, przekonaliśmy się, że związków tlenu, azotu i węgla używać niepodobna do wyznaczenia ciężaru połączeniowego, atoli ponieważ z drugiej strony współ z wykryciem własności pierwiastków łączenia się w stosunku wielokrotnym, rozszerzyliśmy znacznie pojęcie tego ciężaru, przeto operując na szerszém polu, umieliśmy snadno wyszukać tę kategorię związków, które za normę do wyznaczenia owego ciężaru uważać możemy. Jako związki podobne do chlorków wykryliśmy bromki i jodki, w których znane już nam ciężary połączeniowe pierwiastków łączą z 1, 2, 3 i 4 ciężarami połączeniowymi bromu i jodu. Studjowanie tych związków było już z tego względu zajmującym, że przedstawiło nam znane rzeczy w formie nowój; atoli nabrało jeszcze większego

znaczenia, kiedy nam jasno i zrozumiale przedstawiło to właśnie, co umyślnie staraliśmy się dotąd pomijać. Z pośród bowiem badanych związków bromu i jodu parę tylko daje się ulotnić, a przeto w niektórych jeno razach można doświadczalnie potwierdzić, że ciężary odpowiadające formułkom a raczej wyrażone w nich symbolicznie zajmują rzeczywiście w stanie lotnym przestrzeń 2 litrów. Natomiast z badania innych bromków i jodków, które są nielotne, niepodobna naturalnie było wyznaczyć ciężaru połączeniowego; ale za to ciężar ten okazał się w zupełnie nowém świetle. Wyznaczyliśmy go bowiem dotąd z badania ciał lotnych; tutaj zaś po raz pierwszy napotkaliśmy go w ciałach, które nieznanne są nam w stanie gazowym i prawdopodobnie nigdy w tym stanie nie będą znane. Szereg tych ciał uzupełniliśmy, badając i opisując związki między pierwiastkami, które dotychczas widzieliśmy jeno w połączeniu z wodem, chlorem, bromem i jodem, a które również łączyć się mogą ze sobą, tworząc ciała bądź wcale nielotne, bądź rozkładające się pod wpływem ciepła. Mieliśmy tedy tutaj na wielką skalę sposobność, zasoby wiedzy zdobyte w badaniu lotnej materji zastosować do badania materji nielotnej i zarazem stwierdzić, że także pierwiastki tej ostatniej kategorii łączą się ze sobą według ciężarów połączeniowych bądź w ich stosunku prostym bądź w wielokrotnym.

Streszczając tedy w formie aforystycznej rezultat badań naszych, pobieżnie powyżej opisany, nadamy zarazem szerszy zakres pojęciu ciężaru połączeniowego, kiedy powiemy, że odtąd przez ciężar połączeniowy jakiegokolwiek pierwiastku rozumiemy ciężar w krytach wyrażony najmniejszej jego ilości, zawartej w objętości dwóch normalnych litrów którego bądź jego związku, z warunkiem wszelako, aby ciężary wszystkich innych ilości tego pierwiastku, zawartych w dwóch litrach innych związków, były wielownikami ciężaru tej najmniejszej ilości.

Nadając tak ogólny zakres pojęciu ciężaru połączeniowego, rozwiązujemy sobie ręce w sprawie wyboru ciał, których używać możemy do wyznaczania jego wartości. Odtąd już nie

mamy potrzeby ograniczać się do związków wodu, chloru, bromu i jodu, z których badania rozwinęliśmy zrazu pojęcie tego ciężaru, ale możemy się posługiwać którymkolwiek bądź związkiem, którego skład znamy i który w stanie lotnym istnieje. Jednocześnie wiemy także i o tém, że do wyznaczenia ciężaru połączeniowego jakiegokolwiek pierwiastku rozebranie jednego tylko jego związku nie wystarcza wcale, bo rozbiór taki nie wykaże jeszcze, ażali zanalizowany związek zawiera w objętości dwóch litrów najmniejszą cząstkę badanego pierwiastku. Zdarzyć się bowiem może, że w związku tym wykryty ciężar pierwiastku jest właśnie wielownikiem jego ciężaru połączeniowego, — o czém przekonaliśmy się natychmiast, gdybyśmy, rozbierając inne związki tegoż pierwiastku, wykryli w nich mniejszy jego ciężar albo też i większy, ale taki, któryby nie był wielownikiem tamtego.

W celu zrozumialszego przedstawienia powyższego twierdzenia ośmielam się przytoczyć parę przykładów. Przypuśćmy, żeśmy zapomnieli znany nam ciężar połączeniowy chloru i pragniemy właśnie wyznaczyć jego wartość. Analizujemy tedy chlorek węgla i fosforu, a w objętości dwóch litrów tych ciał wykrywamy 142 i 106,5 kr. chloru. Atoli ponieważ 142 nie jest wielownikiem 106,5, przeto téj ostatniej cyfry nie możemy uważać jako ciężar połączeniowy chloru. Wyznaczamy więc z kolei ciężar chloru zawarty w dwóch litrach chlorku tlenu: wiemy z poprzedniego, że wynosi 71 kr. Ale i ta cyfra nie wyznacza ciężaru połączeniowego chloru, bo jakkolwiek 142 jest jęj wielownikiem, za to 106,5 nie jest. Dopiero analiza kwasu chlorowodowego rozstrzyga kwestją: w dwóch litrach tego kwasu zawarta ilość chloru waży 35,5 kr., a cyfra ta jest wspólnym dzielnikiem wszystkich powyżej wymienionych cyfr, bo $71 = 35,5 \times 2$, $106,5 = 35,5 \times 3$, i wreszcie $142 = 35,5 \times 4$. Zatem dopiero po zbadaniu kilku związków, po wykryciu takiego, który w objętości dwóch litrów zawiera najmniejszą dozę badanego pierwiastku i po przekonaniu się, że ciężary zawartęj ilości tego pierwiastku we wszystkich innych związkach są wielownikami ciężaru téj najmniejszój dozy, możemy ten ostatni ciężar uważać jako jego ciężar połączeniowy, zastrzegając sobie wszelako, że nowe poszukiwania

mogą wykryć jeszcze mniejszy ciężar połączeniowy, który w każdym razie będzie koniecznie alikwotną częścią ciężaru przyjętego na razie.

Przytoczenie jeszcze jednego przykładu nie zaszkodzi, zwłaszcza że ten, który mamy na myśli, unaocznia wszystkie trudności, jakie napotykamy przy wyznaczaniu ciężaru połączeniowego pierwiastków. W dalszym ciągu dowiemy się, że fluor jest to pierwiastkowe ciało, pod względem własności chemicznych zbliżone bardzo do grupy złożonej z chloru, bromu i jodu. Tworzy ono mało lotnych związków, atoli z pomiędzy tych znany jest powszechnie związek z krzemem, zwany fluorkiem krzemu i podobny bardzo do chlorku krzemu. W dwóch litrach fluorku krzemu zawarta ilość fluoru waży 76 kr., — owoż gdybyśmy nie znali innych związków tego ciała, użylibyśmy cyfry tej do wyznaczenia jego ciężaru połączeniowego. Atoli istnieje jeszcze gazowy jego związek z borem, fluorek boru, który w dwóch litrach zawiera 57 kr. fluoru. Porównanie obu cyfr okazuje, że ani 76 ani 57 nie jest ciężarem połączeniowym fluoru. Innych związków fluoru nie znano do niedawna w stanie lotnym. Atoli trzymając się zasady wyrażonej powyżej przy określeniu pojęcia ciężaru połączeniowego, snadno możemy wpaść na drogę, która nas doprowadzi do wyznaczenia tego ciężaru dla fluoru. Zważmy tylko że 76 i 57. mają wspólnego dzielnika, a tym jest 19. Cyfra ta dzieli obie powyższe bez reszty, więc albo sama wyznacza ciężar połączeniowy fluoru, albo też którakolwiek jej alikwotna część jest jego wyrazem. I rzeczywiście tak jest: udało się bowiem chemikom niedawno, pokonawszy tysiączne trudności, zbadać lotny związek fluoru z wodem, kwas fluorowodowy, w którego dwóch litrach wykryto 19 krytów fluoru. Możemy przeto teraz z całą umiejętną pewnością używać cyfry 19 do wyznaczenia ciężaru połączeniowego tego pierwiastku.

Podane tu przykłady oznajomiły nas z naturą ciężaru połączeniowego, z drogą do jego wykrycia, z trudnościami jakie w tej sprawie napotykamy, i wreszcie ze sposobami zwalczania tychże. Dały nam przytém do poznania, iż pomimo nadania szerszego zakresu pojęciu tego ciężaru, ograniczać się jednak

musimy w wyznaczaniu go do szczupłej liczby związków. Albowiem ponieważ głównie nam idzie o wyznaczenie samego ciężaru połączeniowego, a nie jego wielowników, przeto chcąc oszczędzić sobie pracy, powinniśmy nadewszystko starać się o wybadanie związków wodu, chloru, bromu i jodu, a zatém pierwiastków, o których wiemy że łączą się w równych objętościach i tworzą związki bez zgęszczenia.

Zanim pójdziemy dalej śmiemy jeszcze zapytać siebie, ażali opisany tu proces jest w istocie powszechnie używaną i dającą się zastosowywać metodą do wyznaczania ciężaru połączeniowego pierwiastków. Naturalnie że na pytanie to wtedy tylko można byłoby twierdząco odpowiedzieć, gdybyśmy zbadali wszystkie pierwiastki w związkach lotnych. Atoli to nie jest możebnem. Znamy bowiem dużo takich pierwiastków, które ani same nie są lotne, ani też lotnych związków nie tworzą. Nie potrzebujemy nawet daleko szukać ciał takich, gdyż w liczbie tych pierwiastków, z którymi mieliśmy już do czynienia, napotykamy ciała stałe, nie dające lotnych związków. Przypominamy sobie niechybnie, ile nam usług oddały dwa metale, sól i potas, wtedy kiedyśmy dopiero rozpoczęli studia nasze nad chemją. Ciała te, działając z kolei na kwas solny, na wodę i amoniak, wywiązywały z tych związków wód, który właśnie był punktem wyjścia dalszych naszych badań. Podówczas nie mogliśmy naturalnie objaśnić sobie działania tych metali, bośmy nie znali składu trzech onych związków, wydających wód. Atoli teraz kiedy już wiemy ich skład i kiedy znamy działanie chloru na wodę, na amoniak i na gaz bagienny, snadno możemy wytłomaczyć sobie w jaki sposób sól i potas przyczyniały się do wyzwolenia wodu. Zupełnie bowiem tak samo jak wywiązywaliśmy tlen, azot i węgiel z wody, z amoniaku i z gazu bagiennego, ponieważ wód tych związków łączyliśmy z chlorem, tak też wód wywiązywał się z kwasu solnego, wody i amoniaku, ponieważ sól i potas łączyły się z pierwiastkami sprzężonymi z nim, z chlorem, z tlenem, z azotem.

Wszelako teraz nietylko nas interesuje jakościowa strona tego zjawiska, ile raczej zbadanie ilościowego stosunku; idzie nam głównie o wyrażenie tego procesu

w chemiczném równaniu, podobném do tego, które unaoczniało działanie chloru na wodę i na amoniak (str. 98), a przeto powinniśmy nadewszystko wynaleźć ciężar połączeniowy sodu i potasu, aby następnie symbole tych ciał pomieścić w odpowiednich równaniach. Owoż do dopięcia tego celu według znaney nam metody musimy naprzód wyznaczyć ciężar objętościowy kilku lotnych związków sodu i potasu, następnie wyrachować stąd ciężar objętości 2 litrów i wreszcie wybadać za pomocą doświadczenia ciężar ilości sodu i potasu, zawartej w owych dwóch litrach.

Sód, działając na kwas chlorowodowy, tworzy z chlorem związek, znany w chemji pod nazwą chlorku sodu, a w życiu codzienném pod nazwą soli kuchennój. Kiedy zaś działa na wodę, wytwarza pod wpływem przyjaznych warunków białą, stałą materją, złożoną z niego i z tlenu, niedokwasem sodu zwaną. Wreszcie rozkładając amoniak, łączy się z azotem i tworzy ciało ciemnej barwy, tak zwany azotek sodu. Żadnego z tych związków nie zdołano zbadać w stanie lotnym; również nie znamy żadnego innego związku sodu, któryby w stanie lotnym można było studjować. A to co się tyczy sodu, tyczy się także i potasu. Przeto według znaney nam metody niepodobna wyznaczyć ciężaru połączeniowego obu tych metali. Zachodzi tedy pytanie, ażali za pomocą jakiejkolwiek innėj metody, któraby nie miała nic wspólnego z wymierzaniem objętości, a troszczyła się jeno o wyznaczenie ciężaru, otrzymamy wykaz pewnych wartości, którebyśmy również dobrze użytkować mogli w chemicznėj symbolistyce, jak użytkowaliśmy zrazu ciężar objętościowy, a w dalszym ciągu ciężar połączeniowy.

Za pomocą wagi snadno możemy wybadać, ile potrzeba krytów sodu i potasu aby rozłożyć dwa litry kwasu chlorowodowego, wody i amoniaku. Staranne badania, podjęte w tym celu, okazały, że otrzymane w skutek takiego rozkładu chlorki, niedokwasy i azotki sodu i potasu mają się w bardzo prostym stosunku do pomienionych związków wodu, do kwasu chlorowodowego, do wody i do amoniaku. Jeżeli 2 litry kwasu chlorowodowego przekształcają się w chlorek sodu lub potasu, wywiązuje się 1 kr. wodu, a miejsce jego zajmuje 23 kr. sodu

lub 39 kr. potasu; powstaje zatem $23 + 35,5 = 58,5$ kr. chlorku sodu lub też $39 + 35,5 = 74,5$ kr. chlorku potasu. Jeżeli 2 litry pary wodnej przekształcają się w niedokwas sodu lub potasu, wydalają się 2 kr. wodu a natomiast wstępują w związek $2 \times 23 = 46$ kr. sodu i $2 \times 39 = 78$ kr. potasu; wytworzy się zatem $2 \times 23 + 16 = 62$ kr. niedokwasu sodu lub $2 \times 39 + 16 = 94$ kr. niedokwasu potasu. Wreszcie jeżeli amoniak zmieni się w azotek sodu lub potasu, miejsce 3 kr. wodu zajmie $3 \times 23 = 69$ kr. sodu lub $3 \times 39 = 117$ kr. potasu, w skutek czego otrzymamy $3 \times 23 + 14 = 83$ kr. azotku sodu i $3 \times 39 + 14 = 131$ kr. azotku potasu.

Rezultat tych badań streszczamy w następującej tablicy:

W $1 + 35,5$ kr. kwasu chlorowodowego, w $2 + 16$ kr. pary wodnej					
i w $3 + 14$ kr. amoniaku					
1	kr. wodu zastąpiony będzie przez	23	kr. sodu	39	kr. potasu
2	" " " " " "	$46 = 2 \times 23$	" "	$78 = 2 \times 39$	" "
3	" " " " " "	$69 = 3 \times 23$	" "	$117 = 3 \times 39$	" "

We wszystkich tych razach widzimy niezmiennie 23 kr. sodu i 39 kr. potasu na miejscu 1 kr. wodu czyli na miejscu jego ciężaru połączeniowego, a przeto 23 kr. i 39 kr. uważać możemy jako zastępczy ciężar sodu i potasu. Jakiż jest stosunek między tym zastępczym ciężarem, wykrytym za pomocą wagi, a ciężarem połączeniowym? Gdybyśmy mogli chlorek, niedokwas i azotek sodu i potasu badać w stanie lotnym i gdybyśmy wykryli, że 58,5 kr. chlorku sodu i 74,5 kr. chlorku potasu, — następnie że 62 kr. niedokwasu sodu i 94 kr. niedokwasu potasu, i wreszcie że 83 kr. azotku sodu i 131 kr. azotku potasu wypełniają objętość 2 litrów, natenczas moglibyśmy śmiało 23 kr. uważać jako ciężar połączeniowy sodu a 39 kr. jako takiż ciężar potasu, — i w takim razie ciężar zastępczy tych metali równałby się ich ciężarowi połączeniowemu.

Atoli jakkolwiek jest to niemożliwem, wnosić jednak możemy, iż między tym wykrytym ciężarem zastępczym sodu i potasu, a poszukiwanym ich ciężarem połączeniowym istnieje musi pewien bliski stosunek, albowiem ciężary połączeniowe

chloru, tlenu i azotu, łączące się respektywnie z 1, 2 i 3 ciężarami połączeniowymi wodu, jednocześnie się w danym razie z 1, 2 i 3 ciężarami zastępczymi sodu i potasu.

Wszelako żeby mieć większą pewność co do stosunku w ogóle między ciężarem połączeniowym a zastępczym, postaramy się wprzódę według téj samej metody zbadać ciężary zastępcze takich pierwiastków, których znamy ciężary połączeniowe.

Wiemy np. że ciężar połączeniowy jodu wynosi 127 kr. Owoż jod tworzy z chlorem pewien związek, w którym 127 kr. jodu sprzęga się z 35,5 kr. chloru, to jest z taką jego ilością, jaka jest zawartą w 2 litrach kwasu chlorowodowego. Przypuśćmy tedy, że chlorek jodu powstał z rozkładu kwasu chlorowodowego: w takim razie w kwasie tym 1 kryt wodu ustąpił miejsca 127 kr. jodu. Skąd prosty wniosek, że 127 kr. jest ciężarem zastępczym jodu, i że przeto jego ciężar zastępczy równa się jego ciężarowi połączeniowemu.

Ciężar połączeniowy tlenu wynosi 16 krytów. Znamy już związek chloru z tlenem (str. 122). Ilościowa analiza wykazała, że w chlorku tlenu 8 kr. tlenu złączone są z 35,5 kr. chloru. Gdyby więc chlorek tlenu powstał z rozkładu kwasu chlorowodowego, 1 kr. wodu zostałby zastąpiony przez 8 kr. tlenu. A zatem zastępczy ciężar tlenu wynosi 8 kr. i jest o połowę mniejszy od jego ciężaru połączeniowego.

Ciężar połączeniowy azotu wynosi 14 kr. Związek tego pierwiastku z chlorem jest lotnym ciałem, ale ponieważ wybuchu gwałtownie, przeto objętościowo badanym być nie może. Wszelako zdołano ponderalnie zanalizować chlorek azotu i wykryto, że 4,66 kr. azotu złączone są z 35,5 kr. chloru. Aby więc chlorek azotu powstał z rozkładu kwasu chlorowodowego, miejsce każdego 1 krytu wodu musiałoby być zajęte przez 4,66 kr. azotu. Cyfra ta jest tedy ciężarem zastępczym azotu, z czego wypada, że ciężar połączeniowy tego pierwiastku jest trzy razy większy od jego ciężaru zastępczego.

Nakoniec ciężar połączeniowy węgla wynosi 12 krytów. Znamy już chlorek węgla (str. 124) jako ciało zawierające 3 kr. węgla złączone z 35,5 kr. chloru. Gdyby więc kwas chlorowodowy przekształcił się w chlorek węgla, 3 kr. węgla zajęłoby miejsce 1 kr. wodu. A zatem ciężar zastępczy węgla wynosi 3 kr. i jest czwartą częścią jego ciężaru połączeniowego.

W rozebranych tu przykładach ciężar połączeniowy albo się równa ciężarowi zastępczemu, albo też jest jego wielownikiem. Otrzymalibyśmy taki sam rezultat, gdybyśmy oznaczyli ciężar zastępczy innych znanych nam pierwiastków, które już zbadaliśmy pod względem ciężaru połączeniowego. Zaniechamy tedy dalszej pracy w tym kierunku, za to zbadany stosunek pomiędzy ciężarem zastępczym a ciężarem połączeniowym w sprawie czterech powyżej wymienionych pierwiastków podnosimy do godności ogólnej reguły. Tym bowiem sposobem możemy przez samo wyznaczenie ciężaru zastępczego któregokolwiek pierwiastku wnioskować poniekąd o jego ciężarze połączeniowym. I tak np. zastosowując powyższe do sodu i do potasu, widocznym jest, że ciężar połączeniowy sodu wyrazimy przez

$$23, 2 \times 23, 3 \times 23 \dots n \times 23,$$

a ciężar połączeniowy potasu przez

$$39, 2 \times 39, 3 \times 39 \dots n \times 39.$$

Stosownie przeto do tego, który z wyrazów szeregu zastosujemy do wyznaczania ciężaru połączeniowego, otrzymamy symbole dla obu tych metali i odróżnimy te symbole za pomocą znaków akcentowych. Dla symbolizowania sodu użyjemy Na (Natrium) a potasu K (Kalium). Otrzymamy zatem dla sodu

$$23 = \text{Na}' ; 2 \times 23 = 46 = \text{Na}'' ; 3 \times 23 = 69 = \text{Na}''' \\ \text{i } n \times 23 = \text{Na}^n$$

a dla potasu

$$39 = \text{K}' ; 2 \times 39 = 78 = \text{K}'' ; 3 \times 39 = 117 = \text{K}''' \\ \text{i } n \times 39 = \text{K}^n$$

Zatem chlorek, niedokwas i azotek obu metali wyrazimy w następujących formułkach :

połączeniowych. Nie zaszkodzi tedy przekonać się, ażali do wyznaczenia tego ciężaru nie ma jakiej innej drogi, aniżeli wazenie téj ilości, która zastępuje miejsce 1 kr. wodu. Owoż chwila zastanowienia się wystarczy aby się przekonać, iż w tym samym celu posługiwać się możemy ciężarem połączeniowym chloru; to jest że aby wyznaczyć ciężar zastępczy jakiegokolwiek pierwiastku, dość będzie zważyć tę jego ilość, która zastępuje w związkach 35,5 kr. chloru. Wszak zupełnie w ten sam sposób postępowaliśmy, gdy wyznaczaliśmy ciężar połączeniowy: zrazu wyprowadzaliśmy go ze związków wodu, a następnie ze związków chloru. Kiedyśmy oznaczali ciężar téj ilości jodu, tlenu, azotu i węgla, która zająć musi miejsce 1 kr. wodu aby kwas chlorowodowy przekształcić w odpowiednie chlorki, wykryliśmy, że ciężar zastępczy jodu wynosi 127 kr., tlenu 8 kr., azotu 4,66 kr., i wreszcie węgla 3 kr. Owoż zupełnie te same otrzymamy cyfry jeżeli naodwrot działac będziemy: jeżeli wyznaczać będziemy te ciężary jodu, tlenu, azotu i węgla, które mogłyby w kwasie chlorowodowym zająć miejsce 35,5 kr. chloru i przekształcić ten kwas w kwas jodowodowy, w wodę, amoniak lub gaz bagienny.

Z kolei rzeczy wypada naturalnie streścić to co powiedzieliśmy powyżej i uzupełnić dodatkowemi rozumowaniami. Owoż przedewszystkiem zasługuje na uwagę, że w dotychczasowych naszych badaniach jako podstawę do wyznaczania ciężaru zastępczego ciał używaliśmy kwasu chlorowodowego — i nazywaliśmy ciężarem zastępczym każdego pierwiastku ciężar téj jego ilości, która przy przekształcaniu się kwasu chlorowodowego zastępowała miejsce ciężaru połączeniowego bądź wodu bądź chloru. Atoli ponieważ przy powstawaniu kwasu chlorowodowego 1 ciężar połączeniowy wodu łączy się z 1 ciężarem połączeniowym chloru, przeto rozszerzyć możemy pojęcie ciężaru równoważnego ciał po za obręb uprzedniej definicji i jako ciężar ten uważać ciężar téj ilości pierwiastków, która się łączy bądź z 1 ciężarem połączeniowym chloru, bądź z 1 ciężarem połączeniowym wodu. Następująca tablica przedstawia właśnie w jaki sposób można wyprowadzać ciężar zastępczy pierwiastków zgodnie z ostatnią definicją:

Złączone są w

Kwasie chlorowodowym		Cl z H
Chlorku jodu		Cl „ I
Chlorku tlenu	2 Cl z O a więc	Cl „ $\frac{O}{2}$
Chlorku azotu	3 Cl „ N „	Cl „ $\frac{N}{3}$
Chlorku węgla	4 Cl „ C „	Cl „ $\frac{C}{4}$

Albo w

Kwasie chlorowodowym		H z Cl
Kwasie jodowodowym		H „ I
Wodzie	2 H z O a więc	H „ $\frac{O}{2}$
Amoniak	3 H „ N „	H „ $\frac{N}{3}$
Gazie bagiennym	4 H „ C „	H „ $\frac{C}{4}$

Zatém przy wyszukiwaniu ciężaru zastępczego pierwiastków nie mamy się czego troszczyć o wyznaczanie objętości, a potrzebujemy tylko ponderalnie zanalizować ich związki z wodem lub z chlorem. Nawet nie ma potrzeby ograniczać się jeno do związków z chlorem i z wodem: wszak bromki i jodki pod względem składu odpowiadają zupełnie i jednym i drugim. Przeto jako ogólną regułę uważać możemy, że ciężar zastępczy każdego pierwiastku jest to ciężar tój jego ilości, która się łączy z 1 ciężarem połączeniowym bądź wodu, bądź chloru, bromu lub jodu, a więc z pierwiastkami, których ciężar połączeniowy równa się ciężarowi zastępczemu. Co więc, możemy wszelki inny związek, bądź tlenu, bądź azotu lub węgla zastosować do wyznaczania ciężaru zastępczego jakiegokolwiek ciała, zwłaszcza, że wiemy już jaki jest stosunek pomiędzy ciężarem połączeniowym a zastępczym pomienionych pierwiastków. Jeżeli np. mamy zamiar wyznaczyć ciężar zastępczy jakiegokolwiek pierwiastku z jego związku z tlenem, potrzebujemy ciężar jego ilości związanej z ciężarem połączeniowym tlenu rozdzielić przez 2, albowiem ciężar połączeniowy tlenu jest 2 razy większy od jego ciężaru zastępczego; jeżeli zaś chcemy wyznaczyć ze związków azotu lub węgla, natenczas ciężar ilości związanej z 1 ciężarem połączeniowym azotu lub

węgla podzielić należy przez 3 i przez 4, albowiem ciężar połączeniowy azotu jest 3 razy większy, a węgla 4 razy większy od ich ciężaru zastępczego. Wszelako zwykle wyznaczamy ciężar zastępczy tak samo jak i połączeniowy ze związku takich elementów, które się jednoczą w równych objętościach i bez zgęszczenia, — a więc ze związków wodu, chloru, bromu i jodu — albowiem wtenczas tylko otrzymujemy bezpośrednio wartość rzeczonych ciężarów.

Wyznaczanie ciężaru zastępczego nietylko wtedy jest potrzebnym, a nawet niezbędnym, kiedy nie możemy wyznaczyć ciężaru połączeniowego, lecz zaleca się i wtedy także kiedy bądź gwoli braku odpowiednich związków, bądź też z innych względów nie jesteśmy zupełnie pewni, ażali wynaleziony przez nas ciężar połączeniowy jest prawdziwym. W takim razie wykrycie ciężaru zastępczego otwiera pole do rozmaitych kombinacyj, niekiedy bardzo korzystnych. Bo jeżeli zdarzy się na przykład, że wynaleziony ciężar zastępczy zgadza się z wykrytym uprzednio ciężarem połączeniowym albo też jest tegoż czynnikiem, natenczas podwójnie ufać możemy w dokładność badań naszych.

Bywa także niekiedy, że wyznaczenie ciężaru zastępczego obdarza nas wartością liczebną, którą uważać musimy jako ciężar połączeniowy, lubo nie zdołaliśmy bezpośrednio wyznaczyć cyfry tego ostatniego. Na przykładzie zrozumiałej przedstawimy myśl naszą. Mówiliśmy powyżej, że dopiero w ostatnich czasach zdołano wyznaczyć ciężar połączeniowy fluoru, za pomocą analizy kwasu fluorowodowego. W dwóch litrach fluorku krzemu i fluorku boru wykryto respektywnie 76 i 57 kr. fluoru; z liczb tych wywnioskowano, że ciężar połączeniowy fluoru wynosi albo 19 kr. albo też alikwotną część tej cyfry. Atoli ponieważ nie znano ciężaru objętościowego fluoru, przeto też nie umiano bliżej określić wartości jego ciężaru połączeniowego, gdy w tém wyznaczenie jego ciężaru zastępczego dostarczyło niezbędnej do tego podstawy. Nic bowiem łatwiejszego jak wyznaczyć ciężar zastępczy fluoru za pomocą ponderalnej analizy kwasu fluorowodowego. Owoż z analizy tej przekonano się, że w kwasie fluorowodowym 1 kr. wodu złączony jest z 19 krytami fluoru. Przeto ciężar zastępczy fluoru

wynosi niewątpliwie 19 kr. Mając zaś to na uwadze, że ciężar połączeniowy albo się równa ciężarowi zastępczemu, albo też jest jego wielownikiem, nie wahając się uznano cyfrę 19 jako wyraz ciężaru połączeniowego, przedtém jeszcze zanim zdołano wyznaczyć dokładnie ten ciężar w dwóch litrach gazowego związku fluoru z wodem.

Z podanych tu przykładów przekonać się teraz możemy, jak często i jak ważną rolę odgrywa wyznaczenie ciężaru zastępczego w budowie chemicznej symbolistyki. Wszelako zapominać nie należy, że główną jej podwaliną jest zawsze i niezmiennie ciężar połączeniowy, i że przeto nieustannie dążyć powinniśmy do wyznaczenia tego ciężaru dla wszystkich tych pierwiastków, których ciężar zastępczy znamy tylko dotychczas. Dążenie to jest tém naturalniejsze, ile że wyznaczenie ciężaru zastępczego przedstawia pewne trudności, które poznamy dopiero w dalszym ciągu wtedy mianowicie, kiedy potrafimy je lepiej ocenić, jakoteż kiedy wywierzimy się w sposobach usuwania ich.

Ciężar objętościowy w większości pierwiastków równa się ciężarowi połączeniowemu; w innych zaś, lubo się nie równa, ma się jednak do niego w prostym stosunku. Mówiliśmy już np. że ciężar objętościowy fosforu i arsenu jest dwa razy większy od ciężaru połączeniowego (str. 117). Bywa też i odwrotnie: badania wykazały np. że ciężar objętościowy rtęci jest o połowę mniejszy od jęj ciężaru połączeniowego. Studjując chlorki poznaliśmy wartość tego ostatniego ciężaru (str. 127). W dwóch litrach chlorku rtęci zawarta jęj ilość ważyła 200 kr., stąd $Hg = 200$. Badając ciężar objętościowy rtęci wykryto, że para rtęci jest 100 razy cięższa od wodu. A zatęm ciężar normalnego litru pary rtęciowęj wynosi 100 kr., z czego wypada, że $Hg = 100$. Jeżeli tedy w sprawie fosforu i arsenu

$$P = \frac{P}{2} \text{ a } As = \frac{As}{2}$$

to w sprawie rtęci

$$Hg = 2Hg.$$

Z tego wynika, że ciężar objętościowy pierwiastków nie jest żadną pewną wskazówką w oznaczeniu ich ciężaru połączeniowego. Przypuścimy bowiem, że w ten lub w ów sposób udało nam się wyznaczyć ciężar objętościowy pary sodowej i potasowej; przypuścimy nadto, że ciężar ten dla obu tych metali wynosi respektywnie 23 i 39 kr.; — owoż, mając te dane, pomimo nawet tak bijacéj w oczy zgodności cyfr wyznaczających ciężar zastępczy i objętościowy, nie możemy być pewni ażali tą samą cyfrą wyrazić można ciężar połączeniowy. Albowiem ani ta zgodność ani téż wykazy doświadczalne w sprawie ciężaru objętościowego nie są w stanie wykluczyć możebności tego samego zboczenia, któreśmy dopiero widzieli w rtęci, i nie mogą obalić przypuszczenia, że ciężar połączeniowy sodu wynosić może $2 \times 23 = 46$ a potasu $2 \times 39 = 78$. Znając ciężar zastępczy tych ciał tyle tylko możemy być pewni, że nie tworzą one zboczenia podobnego do fosforu i arsenu, to jest że ciężar połączeniowy sodu nie wynosi $\frac{23}{2} = 11,5$ a potasu $\frac{39}{2} = 19,5$.

Nieskończona trudność dokładnego badania takich gazów, które się tworzą dopiero przy nadzwyczaj wysokiéj temperaturze, rozchwiewa wszelką nadzieję abyśmy kiedykolwiek zdołali wykryć ciężar objętościowy i za jego pomocą potrafili wyznaczyć ciężar połączeniowy wielu pierwiastków, nieznanych nam dotąd w stanie lotnym. Nic przeto dziwnego, że dokładano wszelkich starań, aby wynaleźć inne drogi, któreby doprowadziły bodaj do przybliżonego wyznaczenia tego ciężaru. Wykrycie tych dróg stało się tak naglącą potrzebą, że chemicy odważyli się szukać ich nawet w dziedzinie innej umiejętności — i na gruncie fizyki, z fizycznych własności materji wyprowadzili wnioski będące ważnym przyczynkiem do zbadania obchodzącéj nas sprawy.

Przedewszystkiém zajmującym jest rezultat poszukiwań nad ciepłem gatunkowém pierwiastków. Badania wykazały, że dla podwyższenia o stopień temperaturę tego samego ciężaru rozmaitych pierwiastków potrzeba rozmaitéj ilości ciepła; powiadamy przeto, że gatunkowe ciepło jest

różnym w rozmaitych pierwiastkach. Jeżeli natomiast porównamy ilość ciepła potrzebną do podwyższenia o stopień temperaturę ciężarów połączeniowych rozmaitych pierwiastków, okaże się, że jest ona niezmienną i tą samą dla wszystkich ciał. Powiadamy przeto, że ciężary połączeniowe rozmaitych pierwiastków potrzebują równej ilości ciepła do podniesienia swęj temperatury o równą ilość stopni. Na nieszczęście, są wyjątki od tego prawa, bo gdyby nie one, to prawo to obdarzyłoby nas najprostszą i najogólniejszą metodą wyznaczania ciężaru połączeniowego. Ale jakkolwiek nie możemy na niem zupełnie polegać, w każdym jednak razie jest nam wielce pomocnym, albowiem wykrycie ciepła gatunkowego któregokolwiek pierwiastku potwierdzić może niekiedy wnioski wyprowadzone na innej drodze. I tak np. chemicy uważają ciężar zastępczy sodu i potasu jako ich ciężar połączeniowy dla tego tylko, że badanie nad ciepłem gatunkowym pomienionych metali doprowadziło do wykrycia tych samych cyfr, — 23 dla sodu i 39 dla potasu.

Nadto, podnieść musimy nadewszystko tę okoliczność, że badanie ciepła gatunkowego jest nieocenioną dla nas wskazówką w wyznaczaniu ciężaru połączeniowego takich głównie pierwiastków, które ani same nie są lotne, ani też lotnych związków nie tworzą. Lubo jest także bardzo korzystnym w sprawie pierwiastków tworzących lotne związki, gdyż potwierdza rezultat wyznaczania ich objętościowego ciężaru. Na mocy np. analizy chlorków rtęci, bizmutu i cyny zdołano wprawdzie określić ciężar połączeniowy tych pierwiastków, ale jakże pocieszającym było dla nas to, że wyznaczenie ciepła gatunkowego potwierdziło dokładność owej analizy.

Srebro, ołów, złoto i platyna, cztery pospolicie znane metale, nie tworzą związków lotnych; zaczęm, nie znany ciężaru połączeniowego tych ciał. Atoli nie łatwiejszego jak wyznaczyć ich ciężar zastępczy. Jednocześnie one np. z chlorem; owoż analizując te chlorki otrzymano następujący wykaz:

35,5 kr. chloru łączy się z 108,00 kr. srebra,
 " " " " " " 103,50 " ołowiu,
 " " " " " " 65,56 " złota,
 " " " " " " 49,35 " platyny.

Liczby te wyrażają ciężar zastępczy czterech pomienionych metali. Zatem aby kwas chlorowodowy przekształcił się w chlorki tych pierwiastków, 108 kr. srebra, 103,5 kr. ołowiu, 65,56 kr. złota i 49,35 kr. platyny musiałyby zająć miejsce 1 kr. wodu. Wyznaczono także ciepło gatunkowe rzeczonych metali i przekonano się, że ta sama ilość ciepła, która temperaturę 200 kr. rtęci, 208 kr. bizmutu i 118 kr. cyny — to znaczy temperaturę ciężarów połączeniowych tych pierwiastków — podnosi od 0° do 100°, ogrzewa również od 0° do 100° temperaturę 108 kr. srebra, natomiast jest zbyt wielką dla trzech innych metali, bo może ogrzać od 0° do 100° dwa ciężary zastępcze ołowiu ($2 \times 103,5 = 207$ kr.), trzy ciężary złota ($3 \times 65,56 = 196,7$ kr.) i wreszcie cztery ciężary zastępcze platyny ($4 \times 49,35 = 197,4$ kr.). Rezultat otrzymany z wyznaczenia ciepła gatunkowego zdaje się przeto wskazywać, że ciężar połączeniowy srebra równa się jego ciężarowi zastępczemu, że natomiast ciężar połączeniowy ołowiu, złota i platyny jest respektywnie dwa, trzy i cztery razy większy od ciężaru zastępczego tych metali. — W podobny sposób użytkowano już niejednokrotnie ciepło gatunkowe do ustalenia ciężaru połączeniowego wielu innych metali.

Badanie form krystalicznych, właściwych ciałom, dostarcza nam także pewnych wskazówek w wyznaczaniu ciężaru połączeniowego. Wykryto bowiem, że ciała podobnego składu są zwykle izomorfne, to jest że krystalizując się, przybierają bądź tę samą bądź pokrewną formę. Zatem porównanie dwóch jednakowo skrytalizowanych związków, z których jeden składa się z pierwiastków znanego ciężaru połączeniowego, a drugi z pierwiastków, których ciężaru albo zgoła nie znamy, albo też w przybliżeniu tylko, jest niekiedy kluczem do wykrycia prawdziwego ciężaru połączeniowego.

Jednakże nie leży w zakresie naszego zadania zbadanie bliższe fizycznych środków, pomocnych przy wyznaczaniu ciężaru połączeniowego pierwiastków. Byłoby to właściwem wtedy

tylko, gdybyśmy rzeczywiście mieli zamiar pogłębiać się w szczególności, — atoli w takim razie przekroczylibyśmy granice tytułu naszych wykładów i wzięlibyśmy rozbrat z metodą, która nam dotychczas przewodniczyła. Sądzymy przeto, że nakreślwszy w ogólnych rysach pomoc jaką chemicy czerpią z dziedziny fizyki, powiedzieliśmy tyle właśnie, ile tylko było potrzeba. Resztę zaś odkładamy do téj pory, kiedy więcej poznamy pierwiastków i ich związków i kiedy gruntowniej zgłębimy to cośmy już teraz poznali.

Na teraz nawet zaniechamy ściślejszego i dokładniejszego badania ciężaru połączeniowego, lubo nie idzie za tém, abyśmy mieli całkiem o nim zapomnieć. Cokolwiek bowiem mówić będziemy o chemji, stać on nam zawsze musi przed oczami jako jedyny klucz do odcyfrowania chemicznych procesów i jako jedyna pochodnia przyświecająca na drodze, która do ich wyjaśnienia doprowadzić może.

IX.

Azot i tlen. — Kwas azotowy. — Bezwodnik tego kwasu. — Skład azotowego kwasu. — Jego rozkład pod wpływem ciepła i pod wpływem metali. — Cyna i powstanie kwasu podazotowego. — Srebro i powstanie kwasu azotawego. — Miedź i powstanie tlenku azotu. — Cynk i powstanie tlenku dwuazotu. — Cechy tych produktów. — Dowody na poparcie twierdzenia, że są one chemicznymi związkami a nie mechaniczną mieszaniną. — Rozszerzenie pojęcia chemicznego związku. — Łączenie się dwóch pierwiastków w rozmaitych stosunkach. — Formułki związków tlenu z azotem. — Stosunek objętości związków do objętości składowych części. — Pierwiastki łączące się ze sobą w rozmaitych stosunkach, mają rozmaite ciężary zastępcze. — Ciężar zastępczy azotu. — Główne i podrzędne ciężary zastępcze pierwiastków.

W uprzednim wykładzie usiłowaliśmy założyć fundamenta pod gmach, którego wyższe piętra były rezultatem chemicznych badań uszykowanych w systematyczne kadry. Mury tego gmachu, wystające już nieco po nad ziemię, opierają się na pewnym i stałym gruncie doświadczalnych studjów, dokonanych bądź przez nas samych bądź w naszych oczach. Wszelako niepodobna nam było sprawdzić mnóstwa faktów, potrzebnych do dalszego wyprowadzenia ścian naszej budowy; zmuszeni byliśmy zaufać twierdzeniom naszych poprzedników. Szczególnie w ostatnim wykładzie przyjmowaliśmy prawie wszystko na wiarę. Nie dziw przeto, że tém jaśniej i zrozumiałej przedstawia się nam to wszystko, co zweryfikowaliśmy sami

w pierwszych wykładach, o czém przekonaliśmy się na własne oczy wtedy właśnie, kiedy dopiero wkraczaliśmy w dziedzinę chemji. Co więc, przy świetle tych nowych naszych badań nie utraciły wcale na swym blasku ciała na początku poznane: jak wówczas tak i teraz uważamy kwas chlorowodowy, wodę, amoniak i gaz bagienny jako cztery typy, jako wzory czy też modele, według których materja postaciuje swe związki. Jednakże dowiedzieliśmy się już, że przyroda nietylko według tych wzorów pracuje; jesteśmy przeto przygotowani, że w dalszym ciągu naszych badań napotkamy w olbrzymiem bogactwie jęj tworów coraz to rozmaitsze jęj formy i postaci.

Zresztą nie potrzebujemy nawet daleko szukać tych nowych form; nie występując po za obręb pięciu znanych nam dobrze pierwiastków: wodu, chloru, tlenu, azotu i węgla, napotkamy je w mnogiej liczbie. Dotychczas mówiliśmy wprawdzie głównie o związkach wodu; atoli nie zmniejszając bynajmniej znaczenia zbadanych wzorów, mamy, sądzę, prawo zająć się także związkami, jakie pozostałe cztery pierwiastki tworzą między sobą, a w których składzie wód nie bierze żadnego udziału. Jednakże szczegółowe studia nad tą gromadą wielce interesujących związków odwiodłyby nas zadaleko od naszego celu; przeto też z ich mnóstwa wydobędziemy tylko parę ciał ważniejszych, i o tych pomówimy obszerniej.

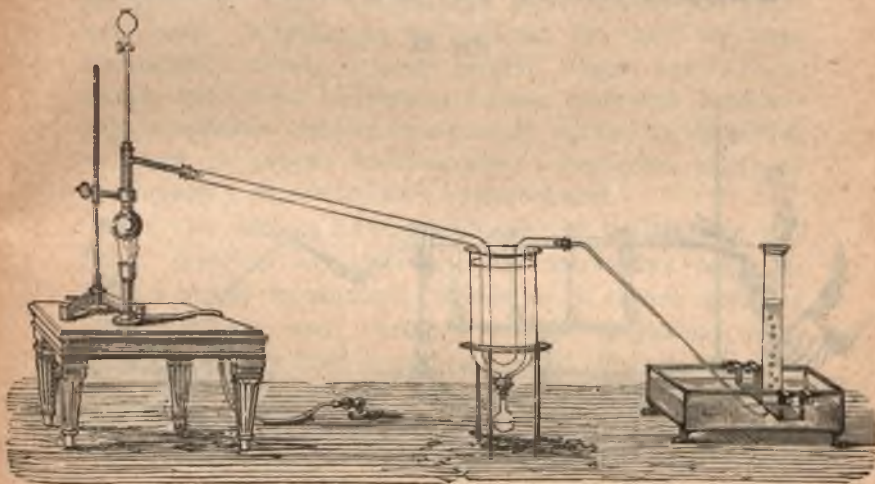
Przedewszystkiém tedy zajmiemy się opisaniem związków, jakie tlen z azotem tworzy, a na których czele napotkamy jeden z najsilniejszych i najpotężniejszych czynników, odgrywający bardzo ważną rolę w chemicznych pracowniach.

Pod nazwą *aqua fortis* znano już oddawna ciecz, na wielką skalę zastosowywaną w przemyśle, a w chemji uważaną jako kwas azotowy. Ciecz ta oprócz wody zawiera także pewien związek tlenu z azotem, który oddzielony od wody nazywa się bezwodnikiem kwasu azotowego. Oddzielenie wody od tego bezwodnika nie jest tak łatwém jak w kwasie chlorowodowym, który w tym celu trzeba było tylko podegrzać. Są jednak sposoby zupełnego odwodnienia kwasu azotowego, ale o nich pomówimy później.

Bezwodnik kwasu azotowego tworzy białe kryształy następującego składu: na każde 2 litry azotu przypada 5 litrów tlenu, czyli według wagi na każde $2 \times 14 = 28$ kr. azotu przypada $5 \times 16 = 80$ kr. tlenu. Związek ten snadno się rozkłada; cokolwiek ogrzany, wydała czerwoną parę, którą woda dość chciwie pochłania.

Nietylko bezwodnik lecz i zwykły kwas azotowy łatwo się rozkłada. Ogrzewany wydała parę, która w naczyniu rozpaloném do czerwoności przetwarza się w mieszaninę złożoną z owej czerwonej pary, rozpuszczającej się w wodzie, i z bez-

Fig. 72.

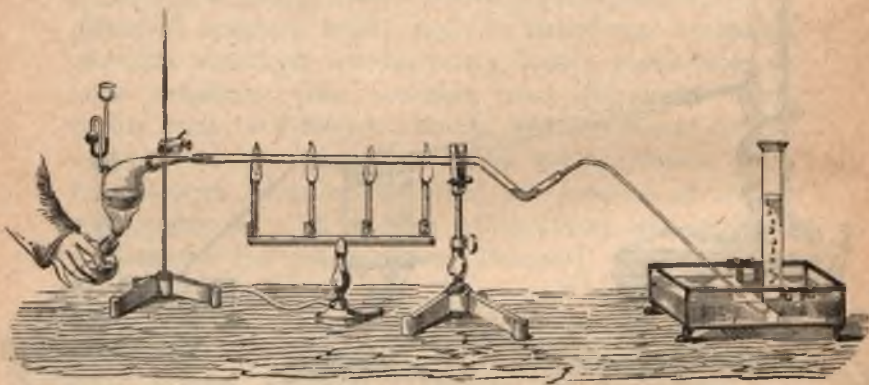


barwnego tlenu. Operacji tej dokonywamy zwykle w małej platynowej kolbie, zaopatrzonej w rurkę (fig. 72). Rurka ta za pomocą gipsu jest wkitowana do szyjki kolby, albowiem ani zwykły korek ani też gutaperkowy nie mógłby się ostać wobec rozkładającego wpływu kwasu azotowego. Górny koniec rurki jest wydęty i opatrzony w szklany kurek, sama zaś rurka jest nadzwyczaj cieniutka, włoskowata prawie. Oprócz tej rurki jest jeszcze druga, również wkitowana w szyję kolby, zgięta u końca na kształt litery **U** i otoczona zimną wodą, z wyjątkiem małego wyłącza, znajdującego się u dołu. Kolbę

platynową ogrzewamy za pomocą gazu. Kiedy się ona rozpali do czerwoności, odkręcamy kurek i wpuszczamy do niej kroplę po kropli kwasu azotowego, oczyszczonego starannie od kwasu chlorowodowego, aby nie atakował platyny. Natychmiast wywiązuje się czerwona para, przechodzi przez rurkę **U** i skrapla się w jej dolnym wydęciu, tworząc brunatną ciecz. Równocześnie zbierają się bańki gazu w cylindrze wywróconym nad pneumatyczną wanienką. Gaz ten, jak łatwo można się przekonać, jest czystym tlenem.

Ale niezawsze ma się w pracowni platynową kolbę. Owoż kiedy się jej nie ma, można ten sam eksperyment wykonać w następujący sposób (fig. 73). Kwas azotowy ogrzewamy aż

Fig. 73.



do wrzenia w szklanej retorce. Szyjkę tej retorty łączymy za pomocą korka z rurką, ogrzewaną aż do temperatury, przy której rozkłada się para kwasu azotowego. Przedni koniec tej rurki jest zgięty; w zgięciu tém skrapla się czerwona para, gdy tymczasem tlen wydala się przez rurkę przewodnią i skupia się w cylindrze wywróconym nad pneumatyczną wanienką. Przy wykonywaniu tego doświadczenia trzeba się mieć nieco na baczności: albowiem przy szybkim oziębianiu się rozgrzanej pary, woda z wanienki może pod ciśnieniem atmosfery cofnąć się aż do rozpalonej rurki i stać się przyczyną niebezpiecznego wybuchu.

Związek złożony z 2 litrów azotu i z 5 litrów tlenu uwalnia w tém doświadczeniu nieco tlenu, z czego wypada, że para czerwona na 2 litry azotu ma mniej niż 5 litrów tlenu.

Można przy zwykłej temperaturze wywiązać parę czerwoną z kwasu azotowego, jeżeli się podda go pod działanie jakiegokolwiek ciała, mającego wiele powinowactwa do tlenu.

Cyna, srebro, miedź i cynk zanurzone w kwas azotowy ulegają zmianie, przyczém wywiązują się bulki gazowe, które otrzymane w ten sposób nie zawierają tlenu tak jak przedtém, kiedy rozkładaliśmy kwas azotowy pod wpływem ciepła. Wywiązujący się naocznie tlen łączy się teraz z metalami i tworzy z niemi związki, zwane niedokwasami. Ilość tlenu wydobytego z kwasu azotowego i złączonego z metalami różni się stosownie do metali i do warunków, w których się odbywa doświadczenie, a szczególnie zależy od temperatury i od rozcienczenia użytego kwasu.

Cyna odciąga z kwasu azotowego $\frac{1}{5}$ zawartego w nim tlenu, przyczém wywiązuje się para czerwonawo-brunatna, która w niskiej temperaturze skrapla się w ciemno-brunatną ciecz, a nawet, jeżeli kwas był zupełnie pozbawiony wody, przekształca się w białe krystaliczne igiełki. Ciało to, nazwane kwasem pod azotowym, zawiera na 2 litry azotu 4 litry tlenu czyli $2 \times 14 = 28$ kr. azotu i $4 \times 16 = 64$ kr. tlenu.

Przy sprzyjających warunkach kwas azotowy pod wpływem srebra traci $\frac{2}{5}$ tlenu i przekształca się w żółtawo-czerwoną parę, która w niższej temperaturze skrapla się i tworzy niebiesko-zieloną ciecz. Ciało to, nazwane kwasem azotawym, zawiera na 2 litry azotu 3 litry tlenu czyli na $2 \times 14 = 28$ kr. azotu $3 \times 16 = 48$ kr. tlenu.

Miedź zanurzona w kwas azotowy przyswaja sobie $\frac{3}{5}$ zawartego w nim tlenu, przyczém wywiązuje się gaz złożony z 2 litr. azotu i 2 litr. tlenu czyli z $2 \times 14 = 28$ kr. pierwszego pierwiastku i $2 \times 16 = 32$ kr. drugiego. Gaz ten chemicy nazywają tlenkiem azotu; wspominaliśmy już o nim powyżej (str. 45). Ma on tę własność, że w zetknięciu się

z powietrzem przekształca się w żółtawo-zieloną parę, gdyż łącząc się z tlenem powietrza tworzy ponownie kwas azotowy.

Wreszcie pod wpływem cynku traci kwas azotowy $\frac{1}{5}$ swego tlenu, przyczem wywiązuje się bezbarwny gaz, nieco rozpuszczalny w wodzie i niezmienny pod wpływem powietrza. Jest to tlenek dwuazotu, albowiem składa się z 2 litr. azotu i 1 litru tlenu czyli na każde $2 \times 14 = 28$ kr. azotu zawiera tylko 16 kr. tlenu.

Opisane tu doświadczenia zaznajomiły nas z pięciu związkami tlenu z azotem; skład ich według objętości i ciężaru uwidoczniamy w następującej tabeli:

Nazwa.	Skład,			
	według objętości:		według ciężaru:	
	Azot.	Tlen.	Azot.	Tlen.
Tlenek dwuazotu . . .	2 litr.	1 litr.	$2 \times 14 = 28$ kr.	$1 \times 16 = 16$ kr.
Tlenek azotu . . .	2 "	2 "	$2 \times 14 = 28$ "	$2 \times 16 = 32$ "
Kwas azotawy . . .	2 "	3 "	$2 \times 14 = 28$ "	$3 \times 16 = 48$ "
Kwas podazotowy . . .	2 "	4 "	$2 \times 14 = 28$ "	$4 \times 16 = 64$ "
Kwas azotowy . . .	2 "	5 "	$2 \times 14 = 28$ "	$5 \times 16 = 80$ "

Wyrażając zaś symbolicznie objętość i ciężar, otrzymamy:

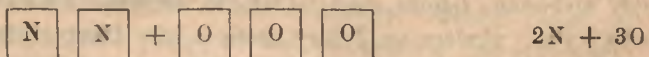
Tlenek dwuazotu.



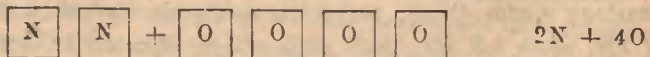
Tlenek azotu.



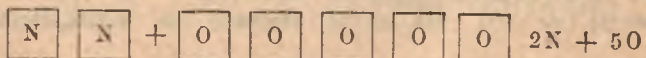
Kwas azotawy.



Kwas podazotowy.



Kwas azotowy.



Badając szereg tych ciał, przedewszystkiem zwrócić musimy uwagę na różnorodność stosunków łączenia się tlenu z azotem, gdyż w dotychczasowych naszych badaniach pierwiastki łączyły się tylko w jednym stosunku. Wszak znamy tylko jedno połączenie wodu z chlorem, wodu z tlenem, wodu z azotem, chociaż mechanicznie można te gazy zmieszać najrozmaicij. Opierając się tedy na uprzednich naszych doświadczeniach, odróżnialiśmy chemiczny związek od mechanicznej mieszaniny przez to, że w nim pierwiastki się łączą według jednego niezmiennego stosunku, gdy w niej zmieszano być mogą w najrozmaitszej proporcji.

Ze względu na tę wielokrotność stosunku w łączeniu się tlenu z azotem, niepodobna nam pozostać przy tej definicji chemicznego związku, jaką przedtém podaliśmy. Bo jeżeli te pięć ciał, opisane powyżej, są związkami a nie mechaniczną mieszaniną, natenczas pojęcie związku musimy tak rozszerzyć, aby objąć mogło i owe ciała. Że zaś one są rzeczywiście chemicznymi związkami, przekonywa nas o tém naprzód to, że są niezienne i stale określone pod względem składu, a następnie i to także, że pod względem własności różnią się zupełnie od swych pierwiastkowych składników.

Tlen i azot są to bezbarwne, w wodzie nierozpuszczalne, trwałe gazy; gdy tymczasem bezwodnik kwasu azotowego i kwas podazotowy krystalizują się w niskiej temperaturze; kwas azotawy oziębiony przedstawia się jako niebiesko-zielona ciecz; tlenek azotu w styczności z powietrzem przybiera brunatną barwę, a tlenek dwuazotu snadniej się rozpuszcza w wodzie niż jego składowe części.

Z tego wynika, że ciała te nie są wcale mechaniczną mieszaniną, lecz prawdziwymi chemicznymi związkami tlenu z azotem, — a fakt ten dozwala nam wyprowadzić bardzo ważny wniosek, że 2 pierwiastki łączyć się mogą w wielorakich stosunkach, tworząc rzeczywiste chemiczne związki, z których każdy różnić się musi od innych, a wszystkie razem od pierwiastkowych składowych części. Tym sposobem lubo rozszerzamy pojęcie chemicznego związku, mimo to niemniej jasno uwydatniamy różnicę jego od mechanicznej mieszaniny. W niej bowiem pierwiastki łączą się w najrozmaitszych stosunkach,

a liczba tych isć może w nieskończoność jeżeli dowolnie zwiększać lub zmniejszać będziemy ilość jednej lub drugiej składowej części. Natomiast chemicznie łączą się pierwiastki jeno w kilku niezmiennych stosunkach. Przeto z jednej strony mamy ograniczoną liczbę, z drugiej zaś bezgraniczną rozmaitość; tam stale określony stosunek, tu dowolną proporcją.

Liczby możebnych mieszanin tlenu i azotu niepodobna w cyfrach wyrazić; znanych zaś związków jest tylko pięć: 2 litry azotu łączą się bądź z 1, bądź z 2, 3, 4, bądź wreszcie z 5 litrami tlenu; albo 2 ciężary połącz. azotu jednoczą się z 1, 2, 3, 4 i 5 cięż. połącz. tlenu. Innych związków tlenu z azotem dotąd nie znamy. Atoli nietylko w ograniczonej liczbie stosunków, w jakich dwa pierwiastki łączą się ze sobą, uwydatnia się właściwy charakter chemicznych związków, lecz bardziej jeszcze w samym stosunku łączenia się przebija się różnica między związkiem a mieszaniną. W najprostszym związku azotu z tlenem, w tlenku dwuazotu, 2 litry albo 2 cięż. połącz. azotu łączą się z 1 litrem albo z 1 cięż. połącz. tlenu. Jestto związek najuboższy w tlen; odtąd już ilość tego pierwiastku zwiększa się, ale dość spojrzeć na powyższą tablicę, aby się przekonać, że ilość jego zawarta w czterech innych związkach ma się do ilości zawartej w tlenku dwuazotu w najprostszym stosunku jaki tylko pomyśleć możemy. A zatém we wszystkich tych związkach na tę samą ilość azotu przypada coraz więcej tlenu: najprzód we dwoje, później we troje, we czworo i wreszcie w pięć razy więcej niż w związku najuboższym w tlen.

Własność tę tlenu i azotu, tworzenia między sobą kilku wybitnie odróżniających się związków, napotykamy także i w innych, rzecby można we wszystkich prawie pierwiastkach. Związków tlenu z chlorem mamy tyle co z azotem; nawet wód, który tworzy z tlenem wodę, łączy się z nim w innym jeszcze stosunku, wytwarzając tak zwany nadniedokwas wodu, — ciało zawierające dwa razy więcej tlenu niż woda. Dotychczas poznaliśmy tylko jeden związek wodu z węglem: był to gaz bagienny; owoż teraz już zauważyć możemy, że nie ma dwóch pierwiastków, któreby więcej związków między sobą tworzyły jak właśnie węgiel i wód. — Słowem

w dalszym ciągu poznamy tyle przykładów wielorakiego łączenia się pierwiastków, że zdolność wstępowania w związki w rozmaitym stosunku uznalibyśmy chętnie jako powszechną własność materji, gdyby nie istniały pierwiastki, które tylko jeden związek między sobą tworzą. Tak np. znamy tylko jeden związek wodu z chlorem i jeden wodu z azotem: kwas chlorowodowy i amoniak.

Jeżeli w dotychczasowych naszych badaniach nie zdarzyło się nam mówić o własności pierwiastków łączenia się w wielorakim stosunku, to tylko dlatego żeśmy w ogóle usiłowali badania nasze ograniczać do najszcuplejszych rozmiarów. Atoli już i wówczas mieliśmy sposobność napotykać związki, które w objętości dwóch litrów zawierały rozmaite dozę jednego pierwiastku, lubo drugi pierwiastek za każdym razem był inny. To dawało naturalnie do myślenia, że istnieć mogą związki, w których o ba pierwiastki jednoczą się w rozmaitym stosunku w celu utworzenia dwóch litrów złożonego ciała. W chwili przeto, kiedyśmy poznali tlenek dwuazotu i tlenek azotu, kwas azotawy, podazotowy i azotowy, przekonaliśmy się ponownie, że pierwiastki sprzęgają się bądź w ciężarach połączeniowych, bądź w wielownikach tychże ciężarów, z czego wynika, że nie wykraczaliśmy wcale po za obręb znanych nam rzeczy, bo wielorakość łączenia się tlenu z azotem daje się zaliczyć do kategorii prawa opisanego w poprzedzającym wykładzie.

Dotąd badaliśmy tylko stosunek objętościowy tlenu i azotu w chwili ich łączenia się, a nie mówiliśmy nic zgoła o objętości wytworzonych już związków. Bo chociaż przy wzrastającej ilości tlenu nie zmieniała się objętość azotu, jednakże stąd nie wypływa jeszcze, żeby utworzone związki miały wszystkie objętość dwóch litrów. Aby przeto zbadać skład dwóch litrów tych związków i wynaleźć dla nich odpowiednie formułki, musimy najpierw wyznaczyć ciężar objętościowy rzeczonych ciał.

Z pięciu związków tlenu z azotem zbadano dotychczas tylko trzy w stanie lotnym: tlenek dwuazotu, tlenek azotu i kwas podazotowy. Otrzymano następujący rezultat:

Tlenek dwuazotu.

Ciężar objętościowy 22.

Ciężar 2 litrów $2 \times 22 = 44$ kr.

Skład dwóch litrów:

28 kr.	$= 2 \times 14$	$= 2$ cięż. poł. azotu	
16 „		$= 1$ cięż. poł. tlenu	
44 kr.			$= 2$ litr. tlenku dwuazotu.

Tlenek azotu.

Ciężar objętościowy 15.

Ciężar 2 litrów $2 \times 15 = 30$ kr.

Skład dwóch litrów:

14 kr.	$= 1$ cięż. poł. azotu	
16 „	$= 1$ cięż. poł. tlenu	
30 kr.		$= 2$ litr. tlenku azotu.

Kwas podazotowy.

Ciężar objętościowy 23.

Ciężar 2 litrów $2 \times 23 = 46$ kr.

Skład dwóch litrów:

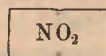
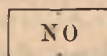
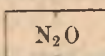
14 kr.	$= 1$ cięż. poł. azotu	
32 „	$= 2 \times 16$	$= 2$ cięż. poł. tlenu
46 kr.		$= 2$ litr. kwasu podazotowego.

Otrzymujemy zatem następujące formułki:

Tlenek dwuazotu.

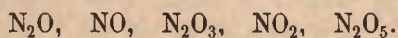
Tlenek azotu.

Kwas podazotowy.



Nie zdołano dotychczas wyznaczyć ciężaru objętościowego dla dwóch innych związków tlenu z azotem, dla kwasu

azotawego i azotowego, a to z tego względu, że ciała te nadzwyczaj są pochopne do rozkładu. Lecz jeżeli wyrazimy je w formułkach najprostszych, w takich mianowicie, które wyznaczają stosunek objętościowy łączących się pierwiastków, otrzymamy dla wszystkich pięciu związków tlenu z azotem następujący szereg formułek:

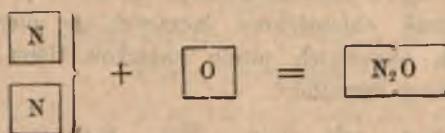


A zatem z pośród pięciu związków tlenu z azotem, trzy zajmują taką samą objętość dwulitrową, co i znane nam związki wodu, chloru i innych ciał, które mieliśmy sposobność wyznaczyć w ciągu naszych studjów. Zachodzi tedy pytanie, ażali możemy przypuszczać, że objętości pierwiastków, wypisane obok siebie w dwóch pozostałych związkach tlenu z azotem, zgęszczają się także na tyle, iż tworzą jeno 2 litry złożonego ciała? Mnóstwo analogicznych zjawisk przemawia za tém przypuszczeniem, jednakże pytanie to dopóty rozstrzygnięciem nie będzie, dopóki nie zdołamy eksperymentalnie wyznaczyć ciężaru objętościowego kwasu azotawego i azotowego.

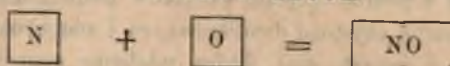
W obecnym przeto stanie naszój wiedzy musimy odróżniać pierwszy, drugi i czwarty związek tlenu z azotem od trzeciego i piątego; co w przedstawieniu graficzném pięciu związków wyrazimy przez to, że formułkom dwóch ostatnich związków damy kropkowane czworoboki, jak to okazuje następująca tablica.

Wolumetryczna budowa związków tlenu z azotem.

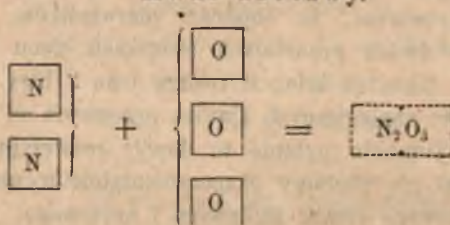
Tlenek dwuazotu.



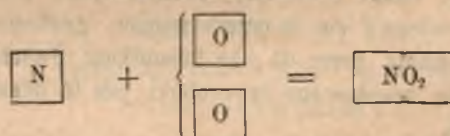
Tlenek azotu.



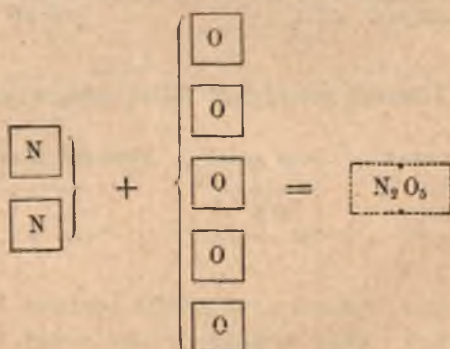
Kwas azotawy.



Kwas podazotowy.



Kwas azotowy.



Jeżeli porównamy stosunek zgęszczania się, jaki ta tabela okazuje, ze stosunkiem zgęszczania się pierwiastków w naszych wzorowych związkach wodu (str. 57), okaże się, że pierwszy i czwarty związek, N_2O i NO_2 , jakkolwiek nawzajem przeciwstawne sobie, jednakże ze względu właśnie na ów stosunek zgęszczania się łączących się pierwiastków ($\frac{2}{3}$) są wiernym obrazem wody (H_2O). W związku drugim, w NO , pierwiastki połączyły się bez zgęszczenia się ($\frac{1}{1}$), jak w kwasie chlorowodowym (HCl). Wreszcie trzeci i piąty związek, N_2O_3 i N_2O_5 , — jeżeli przypuszczenia nasze co do ich wolumetrycznej budowy sprawdzą się — przedstawiają mniej prosty stosunek zgęszczenia się ($\frac{2}{5}$ i $\frac{2}{7}$) aniżeli wszystkie cztery znane nam wzory.

Uwzględniając tedy przypuszczony przez nas a skądinąd prawdopodobny ciężar objętościowy kwasu azotawego i azotowego, możemy wszystkie znane nam zgęszczania się pierwiastków w chwili wstępowania w związki streścić w następujących pięciu formach:

Wolumetryczny skład chemicznych związków i stosunek
zgęszczania się ich pierwiastków.

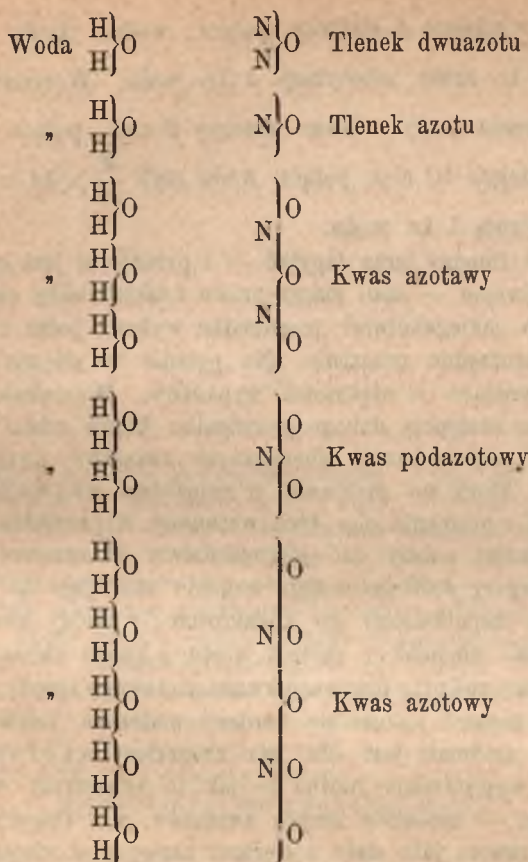
Pierwiastkowe składniki.	Związek.	Stosunek zgęszczenia.
1 obj. + 1 obj.	= 2 obj.	1
1 " + 2 "	= 2 "	$\frac{2}{3}$
1 " + 3 "	= 2 "	$\frac{1}{2}$
2 " + 3 "	= 2 "	$\frac{2}{5}$
2 " + 5 "	= 2 "	$\frac{2}{7}$

Wykrywszy, że pierwiastki łączyć się mogą w wielorakich, lubo zawsze stałych i określonych stosunkach, wyjaśnić teraz możemy jeszcze inną sprawę, która zrazu przedstawiała nam wiele, wprawdzie pozornych trudności. Mamy mianowicie na myśli metodę wyznaczania ciężaru zastępczego. —

Jeżeli dany pierwiastek może się z drugim łączyć w wielorakim stosunku, przeto musi mieć kilka ciężarów zastępczych. Analizując amoniak i kwas chlorowodowy wyznaczyliśmy ciężar zastępczy azotu, albowiem jako taki uznaliśmy ciężar tej jego ilości, która się łączy z 1 kr. wodu lub 35,5 kr. chloru. Ciężar ten wynosił 4,66 kr. Obecnie wypada nam wyznaczyć ciężar ten ze związków z tlenem: wyszukujemy zatem ile azotu łączy się z 1 ciężarem połączeniowym tlenu w każdym ze znanych nam pięciu związków, a następnie otrzymaną ilość dzielimy przez 2, albowiem ciężar zastępczy tlenu jest o połowę mniejszy od jego ciężaru połączeniowego. Owoż

		tlenu	Przeto ciężar azotu zastępczy azotu
w tlenku dwuazotu	N_2O	16 kr. + $2 \times 14 = 28$ kr.	$\frac{28}{2} = 14$
" " azotu	NO	16 " + 14 "	$\frac{14}{2} = 7$
" kwasie azotawym	N_2O_3	16 " + $\frac{2 \times 14}{3} = 9,33$ kr.	$\frac{9,33}{2} = 4,66$
" " podazotowym	NO_2	16 " + $\frac{14}{2} = 7$	" $\frac{7}{2} = 3,5$
" " azotowym	N_2O_5	16 " + $\frac{2 \times 14}{5} = 5,6$	" $\frac{5,6}{2} = 2,8$

Mamy przeto ani mniej ani więcej tylko pięć ciężarów zastępczych azotu. Snadno się przekonać, że wszystkie one noszą na sobie piętno rzeczywistych ciężarów zastępczych: są bowiem alikwotną częścią ciężaru połączeniowego, gdyż $1 \times 14 = 2 \times 7 = 3 \times 4,66 = 4 \times 3,5 = 5 \times 2,8 = 14$. Przypuśćmy tedy, że pięć tych związków tlenu z azotem powstało ze związku tlenu z wodem czyli z wody, to dość spojrzeć na następującą tablicę:



aby się przekonać, że przy utworzeniu tlenku dwuazotu 2 cięż. łącz. wodu ustępują miejsca 2 cięż. łącz. azotu, że więc 1 kr. wodu zastąpiony zostaje przez 14 kr. azotu, gdy tymczasem przy powstaniu tlenku azotu 1 cięż. łącz. azotu zajmuje miejsce 2 cięż. łącz. wodu, a zatem $\frac{14}{2} = 7$ kr. azotu wstępuje w miejsce 1 kr. wodu. Natomiast przy powstawaniu kwasu azotawego 6 cięż. łącz. wodu ustępują miejsca 2 cięż. łącz. azotu, czyli 1 kr. wodu $\frac{2}{6} \times 14 = 4,66$ kr. azotu. Kwas podazotowy powstaje kiedy 1 cięż. łącz. azotu

wstępuje w miejsce 4 ciężarów łącz. wodu, kiedy przeto $\frac{14}{4} = 3,5$ kr. azotu substytuuje 1 kr. wodu. Wreszcie przy przekształceniu wody w kwas azotowy 2 cięż. łącz. azotu zajmują miejsce 10 cięż. łącz. wodu czyli $\frac{2}{10} \times 14 = 2,8$ kr. azotu zastępują 1 kr. wodu.

Owoż śmiemy teraz zapytać — i pytanie to jest całkiem usprawiedliwione — ażali mamy prawo z takich kilku ciężarów zastępczych jakiegokolwiek pierwiastku wybrać jeden i nadać mu pierwszorzędne znaczenie. Na pytanie to chemja odpowiada twierdząco w większości wypadków. Wyszukuje ona, który ciężar zastępczy danego pierwiastku bierze udział najczęściej przy tworzeniu chemicznych związków, uwzględnia następnie, który się przejawia w związkach najważniejszych, a z ocenienia obu tych warunków wyprowadza, któremu ciężarowi należy dać pierwszeństwo. W sprawie azotu ciężar zastępczy 4,66 już z tego względu zasługuje na naszą uwagę, że napotkaliśmy go kilkakrotnie: wprzód kiedyśmy wyprowadzali amoniak i chlorek azotu z kwasu chlorowodowego, obecnie zaś przy derywacji kwasu azotawego z wody. Wartość tego ciężaru jeszcze się bardziej podniesie jeżeli zważymy, że amoniak jest dla nas związkiem wzorowym, z którego wyprowadzić można — jak to zobaczymy w dalszym ciągu — mnóstwo innych związków, a w których azot występuje zawsze jako ciało o ciężarze zastępczym równającym się 4,66 kr.

X.

Spekulacyjne ocenie chemicznych zjawisk. — Hipoteza i teoria — Stany materji. — Stan stały, ciekły i lotny. — Układ materji. — Mole i molekuly. — Molarna i molekularna podzielność materji. — Molekularne przyciąganie i odpychanie. — Molarny jako realny podział materji, molekularny jako idealny jej podział. — Badanie zjawisk ciepła uzasadnia molekularną hipotezę. — Wpływ ciepła na ciała. — Ciepło utajone. — Niejednakowa rozszerzalność ciał stałych i ciekłych. — Jednakowa rozszerzalność ciał lotnych. — Doświadczenie z rozszerzalnością gazów pod wpływem zmian temperatury i ciśnienia. — Granica podzielności materji. — Tożsamość molekularnej budowy gazów pierwiastkowych i złożonych. — Molekuly pierwiastków jakoteż i związków złożone są z atomów. — Molarny, molekularny i atomistyczny układ materji.

Dotychczas kroczyliśmy bezustannie drogą doświadczeń i faktów, — faktów bądź wykrytych przez nas samych, bądź poczerpniętych z doświadczenia innych ludzi, w których wiarygodność nie mieliśmy powodu nie wierzyć. Zadawaliśmy się tylko spostrzeganiem chemicznych zjawisk, zgromadzaniem rezultatów z tego spostrzegania, porządkowaniem i porównaniem wzajemnym, nie czyniąc najmniejszych usiłowań w celu ich wyjaśnienia.

To też dotąd nie znamy właściwej przyczyny widzianych zjawisk. A jednak czujemy nieprzewyciężony popęd do jej wykrycia, popęd instynktowy, wyłaniający się z intelektualnych przymiotów duszy naszej, popęd tak silny i tak wszechwładny,

że zaspokoić go koniecznie musimy, lubo zupełnie nigdy nie możemy. Pierwsza bowiem przyczyna wszechbytu leży po za granicą naszej władzy poznania. Uprawnieni jesteśmy badać warunki powstawania zjawisk, ich szeregowie następstwo, ich podobieństwo lub różnicę, wreszcie ich związek wzajemny; ale nie miejmy nawet nadziei wykrycia ich wewnętrznej natury, odsłonięcia pierwszej ich przyczyny. Już bowiem rozstrzygnięcie problemów, leżących w obrębie dostępnych nam rzeczy, jest częstokroć połączone z trudnościami najrozmaitszego rodzaju. Omijamy je wprawdzie, ale omijamy tylko dlatego, że ufni w podszepty naszej fantazji, wierzymy w przypuszczenia, które szereg jakichkolwiek zjawisk i doświadczeń społem sprzęgają. Na mocy podobnych przypuszczeń wypełniamy luki w naszych doświadczeniach, a wypełniając je, odkrywamy najczęściej nowe drogi doprowadzające nas do nowych spostrzeżeń, do nowych doświadczeń, którymi z czasem uzupełniamy to, czego brakowało w skarbcu wiedzy naszej. Jeżeli z doświadczeń tych otrzymujemy rezultaty, zgodne z przypuszczeniami naszymi, natenczas śmiało rzec możemy, że zbliżyliśmy się znacznie do odsłonięcia rzeczywistej przyczyny jakiegokolwiek kategorii zjawisk. Stąd też przypuszczenia podobne nazywamy hipotezami (od ὑπό, pod, i ἔδρα, wyraz pochodny od τίθημι, stawie — a więc dosłownie: podstawienie).

Hipoteza jest jednym z najcenniejszych środków pomocniczych umiejętnego badania; wszelako najczęściej korzystamy z niej tylko czasowo: posługujemy się nią dopóki jest potrzebna, porzucamy zaś kiedy nie odpowiada wymaganiom rozwiniętego badania, lub kiedy pogodzić się nie może ze świeżo wykrytymi faktami. Lecz jeżeli hipoteza jaka, pomimo rozwoju umiejętności, utrzymuje się ciągle na jej poziomie, tłumaczy fakty, prowadzi do wykrycia nowych zjawisk, przewiduje fenomeny i je objaśnia, natenczas i wartość jej w miarę tego wznosi się coraz wyżej na skali prawdopodobieństwa, aż w końcu traci ona zupełnie prowizoryczną swą cechę i otrzymując nazwę teorii (od θεωρέω, rozważam) staje w szeregu uznanych twierdzeń nauki.

Jednoczenie się pierwiastków według ciężarów połączeniowych lub według wielowników tychże ciężarów wyjaśnić

można za pomocą hipotezy, którą ze względu na jej wielkie prawdopodobieństwo i olbrzymią umiejętną doniosłość jako teorią uważać możemy. Upřednie nasze doświadczenia, jakoteż symbole, w których wyrażaliśmy rezultaty tychże doświadczeń, ułatwiają nam zrozumienie téj teorji; jej téż rozbirowi poświęcimy teraz całą naszą uwagę, unikając wszelako zbytniego pogłębiania się w dziedzinę spekulacji.

W ciągu naszych badań i doświadczeń nastęrczało się nam mnóstwo zagadnień, które obecnie, nagromadzone, tém natarczywiej domagają się rozwiązania. Co to jest materja? Z czego się ona składa? Z jakich części? Jak te części są utworzone i utrzymywane społem? Jak się to dzieje, że to samo ciało naprzykład woda okazuje się raz w stanie stałym jako lód, to znowu w stanie ciekłym jako lód stopiony, to wreszcie w stanie lotnym jako lód przekształcony w parę? Jaka jest istota tych zmian i przeobrażeń, które w materji dostrzegamy, kiedy jej rozmaite pierwiastkowe formy, złączone razem tworzą ciała o własnościach zupełnie odmiennych niż własności składowych części?

Takie i tym podobne pytania zaprzętały umysł licznych badaczy wszystkich wieków i ludów, — a gdybyśmy chcieli choęby tylko wyliczyć niezliczone kontrowersje, do jakich one pochop dały, wypełnilibyśmy niechybnie kilkotomowe dzieło. Proste to pytanie: ażali materja jest nieskończenie podzielna, czy téż składa się z drobnutkich częstek, niepodzielnych? — rozstrzygane rozmaicie, było przyczyną powstania dwóch przeciwnych szkół, które w szeregu wieków nagromadziły mnóstwo twierdzeń i argumentów na odparcie mniemania przeciwników. Sam rozbiór wszystkich tych wywodów pro i contra zająłby tyle czasu, że zabrakłoby go nam do zbadania ważniejszych rzeczy. Zresztą racjonalne zrozumienie wszelkich hipotetycznych poglądów, jakoteż głębokie przeświadczenie, że każda hipoteza dopóty tylko korzyść przynosi, dopóki na zimno rozważana, utrzymywaną jest we właściwych jej granicach, szkodzi zaś i staje się zawadą, gdy te granice przekroczy, — wszystko to razem natchnęło przewódców nowoczesnej chemji spokojem i umiarkowaniem należnym w rozstrzyganiu powyższych zagadnień na drodze eksperymentalnej. Byłoby więc

nierozsądnym z naszej strony, gdybyśmy chcieli zstąpić w szranki zapaśników na bezgranicznej arenie mglistych spekulacji, skoro arena ta jest niemal opróżniona dzisiaj przez prawie wszystkich pozytywnych myślicieli. Wolimy raczej zająć się rozbiorem hipotezy, która jak się zdaje najlepiej tłumaczy i najściślej sprzega rezultaty najnowszych badań.

Na ten cel weźmiemy znowu w obroty ciało znane nam z codziennego życia co do własności swych, a z uprzednich naszych doświadczeń co do wewnętrznej budowy, mianowicie wodę. Istnieje ona w trzech stanach, jako lód, jako ciekła woda i jako para wodna czyli gaz wodny, bo ostatecznie para owa z wyjątkiem braku trwałości ma zresztą wszystkie inne cechy gazów. Owoż woda ma pewne własności, niezależne od pomienionych trzech stanów. Lód, woda ciekła i para wodna odbywają dwojaką czynność: jedną wyrażającą się w masie takiej, że i wymierzyć jej wielkość można i w oddaleniu wpływ jej odczuć; drugą zaś odbywającą się wśród cząsteczek niedających się wymierzyć i w zakresie również niedającej się wymierzyć przestrzeni.

Masa po łacinie nazywa się „*moles*“; nowoczesny zdrobniały wyraz od *moles* jest „*molecula*“, używany pospolicie do oznaczenia „cząsteczki niedającej się wymierzyć“; stąd wszelka czynność, odbywająca się wśród najdrobniejszych, niewymierzalnych cząsteczek, w obrębie również nieskończenie drobnej niewymierzalnej przestrzeni, nazywa się czynnością molekularną. Ze względu na przeciwstawność wypada nam masy dające się wymierzyć nazywać molami, a wszelką czynność odbywającą się wśród nich — molarną czynnością.

W przyciąganiu wielkich mas materji, dostrzeganem np. w krążeniu ciał niebieskich, w ruchu spadającego ciała, lub w ciśnieniu jego na podstawę, mamy okazy molarnej czynności; widzimy ją także w lodzie, w wodzie ciekłej i w parze wodnej, bo wszystkie trzy te formy wody posiadają ciężar: masy jej dające się wymierzyć są względem ziemi w stosunku wzajemnego oddziaływania, bo w oddaleniu są przez nią przyciągane i wywierają na nią pewne przyciąganie.

Molekularna czynność ujawnia się w lodzie, w wodzie i w parze wodnej w dwojaki sposób a raczej w dwóch

przeciwnych kierunkach. Wobec molekularnego przyciągania istnieje molekularne odpychanie: pierwsze uwydatnia się przedewszystkiem w lodzie, ostatnie głównie w parze wodnej. Dzięki molekularnemu przyciąganiu istnieją ciała stałe; natomiast molekularne odpychanie staje się przyczyną swobodnego ruszania się molekuł w ciałach lotnych. W ciałach ciekłych obie te formy molekularnej czynności są w pewnej równowadze. Molekuły ciał ciekłych są społem utrzymywane na mocy dość jeszcze silnego przyciągania. Sztabka metalowa zanurzona w wodę i wydobyta z niej wyciąga ze sobą małe skupienie zczepionych razem molekuł wody, w kształcie wieszanej kropli. Wszelako w porównaniu z przyciąganiem sprzęgającym molekuły ciała stałego, jak np. kawałka lodu, przyciąganie to wzajemne molekuł ciekłego ciała jest naturalnie bardzo słabem. Te ostatnie są naprzykład ruchliwe, jakkolwiek mniej niż molekuły ciał lotnych. Nadarmo bowiem staralibyśmy się za pomocą sztabki unieść kroplę gazu; żadne skupienie molekuł lotnych nie czepia się sztabki, a przynajmniej żadne takie, któreby się dało do kropli wody przyrównać. Owoż różnica w ruchliwości ciał lotnych od cieczy jest właśnie następstwem większego przyciągania molekuł w tych ostatnich. Różnica ta uwydatnia się nawet wśród samych cieczy: jedno są więcej drugie mniej lepkie, czego już wcale nie dostrzegamy w gazach, gdyż molekuły ich okazują stale większą dążność do wzajemnego oddalania się, niż do skupiania się społem.

Zresztą różnica ta wcale nas dziwić nie powinna, jeżeli się zastanowimy tylko, jak wielkie muszą być przestwory między molekułami ciał lotnych, takich jak np. pary wodnej, w porównaniu z przestworami oddzielającymi molekuły ciał ciekłych lub stałych, np. wody zwykłej lub lodu. Para wodna w temperaturze 100° zajmuje 1689 razy większą przestrzeń niż woda w tej samej temperaturze; między zaś wodą a lodem nie ma wielkiej różnicy pod tym względem: w pobliżu 0° czyli punktu zamarzania woda zajmuje nieco mniejszą przestrzeń niż lód. Mając to na uwadze, przypuścić możemy, że przestwór rozdzielający molekuły pary wodnej, lubo sam przez się

nieskończenie mały, jest w każdym razie 1689 razy większy od przestworów rozłączających molekuly ciekłej wody.

Rozpatrzywszy się w siłach utrzymujących spodem cząsteczki materji, przejdźmy teraz do rozbioru sposobów przeciwdziałania tym siłom, czyli mówiąc innemi słowy do opisu środków dzielenia materji, mając w każdym razie to na uwadze, że różnica między molarną i molekularną jęj czynnością przypuszcza także molarną i molekularną jęj podzielność.

Sposoby mechanicznego rozdrabniania materji, takie jak młyny, moździerze i tym podobne przyrządy, nie mogą nigdy przekroczyć granic molarnęj jęj podzielności. Jakkolwiekbyśmy pobili lód na najdrobniejsze kawałeczki, zawsze będziemy mieli przed sobą rozdrobnione jego masy, złożone z mnóstwa rozmaitych molekuł lodu. Najdelikatniejszy pyłek lodu jest jeszcze skupieniem drobnutkich cząsteczek; pod wpływem ciepła przekształci się on w ciekłą wodę, która przez to samo, że jest w stanie ciekłym, okazuje, iż się składa z mnóstwa drobnych cząsteczek. Dotąd nie znamy jeszcze przykłądu, żeby mechanicznie rozbijając stałe ciało, przekształcono je w stan ciekły. Możemy przeto śmiało utrzymywać, że najdelikatniejszy produkt mechanicznego rozdrobnienia materji jest jeszcze w każdym razie skupieniem wielu molekuł.

A zatem ponieważ molarny podział materji daje nam w końcu drobne jęj kawałki, agregaty mnóstwa molekuł, przeto wypada iść dalej w tym samym kierunku i te agregaty rozdzielić na składowe ich części. Tylko niestety molekularny podział to jest rozdział molów na molekuly nie daje się skutecznie ani za pomocą mechanicznych, ani tęd żadnych innych środków. Bo jakkolwiek skład molów z molekuł uprzytomnić sobie możemy przez działanie fizycznych sił (jak np. ciepła), jednakże samo już określenie pojęcia molekuly jako cząsteczki, której wymierzyć niepodobna, a więc która nie może być przedmiotem bezpośredniego spostrzegania, wskazuje już samo przez się, że jest niemożliwem oddzielić w oczach naszych jednę molekule od innych. Musimy przeto molarną podzielność materji odróżniać od molekularnęj w ten sposób, że pierwszą uważać będziemy jako realną gdy drugą

jako idealną tylko. Różnica ta jest z tego względu nieskończenie dla nas ważną, że nie powinniśmy ani na chwilę zapominać o tém, iż wszystkie nasze wyobrażenia o istocie molekuł i o ich układzie w ciałach są po prostu tylko wytworami spekulacji naszej.

Podstawa tej spekulacji ułożona jest z cegiełek pobranych z całej prawie dziedziny przyrodoznawstwa. I tak np. teorie o ciepłe, o elektryczności i o świetle przyczyniły się nie mało do wykrycia molekularnej budowy ciał, głównie zaś badanie zjawisk ciepła dało pochoch do wyprowadzenia wielu cennych wniosków. Ponieważ zaś dla nas ważnym jest i zajmującym zbadanie tego wszystkiego co przyczyniło się do rozwoju specjalnie obchodzącej nas umiejętności, przeto musimy chociażby pobieżnie pomówić o owych wnioskach, zwłaszcza, że są one wyprowadzone z badania zmian jakim ciała ulegają pod wpływem ciepła, a które to zmiany znane nam są dobrze z codziennego życia. Pokrótcie więc je opiszemy a dla przykładu weźmiemy ciało znane nam dobrze tak pod względem składu chemicznego jak i własności fizycznych.

Szklane naczynie wypełnione kawałkami lodu ustawiamy na drucianej siatce nad płomieniem gazu. Termometr zanurzony w naczynie wskazuje 0°C . Gaz płonie, a w skutek tego lód zaczyna topnieć, pod wpływem ciepła przekształca się w ciekłą wodę. Atoli termometr wskazuje bezustannie 0° i dopóty wskazywać je będzie, dopóki ostatni kawałek lodu nie stopnieje; poczem temperatura wody zacznie się podnosić, aż wreszcie dojdzie do 100° i woda zawrze.

Gaz płonie ciągle i ogrzewa wodę, atoli temperatura ponownie przestała się podnosić. Ilość wody zmniejsza się widocznie, woda jak mówią „wygotowywa się“ to jest przekształca się w parę, która ulatuje w powietrze, aż w końcu naczynie opróżni się zupełnie z wody. A zatem ciepło jakby znikało w topniejącym lodzie i we wrzącej wodzie, gdyż nie podnosiło temperatury tych ciał. Cóż się z niem tedy stało? W miarę znikania jego — a raczej, żeby odrazu już używać terminu naukowego — w miarę jak ono przeobrażało się w ciepło utajone, molekuly lodu przekształcały się w ciekłą wodę, a molekuly wody w parę. Nic łatwiejszego jak parę

wodną skroplic, cofnąć do stanu ciekłego i ukrytą w niej siłę wyzwolić ponownie; wiemy także, że przy przejściu ciekłej wody w stały lód wyzwala się wszystka ta ilość ciepła, która zabsorbowana została przy tajaniu lodu. Ze względu przeto na te zjawiska, wnosić śmiało możemy, że zmiana stanu od stałego przez ciekły do lotnego jest następstwem utajania się ciepła i że zatem stan ciekły od stałego a lotny od ciekłego różni się jeno tém, iż więcej go w sobie zawiera.

Wniosek ten stanowi granicę naszej wiedzy. Gdybyśmy chcieli dalej rzeczy badać i usiłovali wyjaśnić sobie w jaki sposób ciepło działa na molekuly ciał przy przejściu ich z jednego stanu w drugi, musielibyśmy wprzódy odpowiedzieć na pytanie: co jest ciepło? — i przeto zająć się rozstrzygnięciem jednego z najbardziej zajmujących ale zarazem i najtrudniejszych zagadnień, jakie w najnowszych czasach poruszone zostały.

Owoż nie myślimy bynajmniej rozstrzygać tego zagadnienia. Dla nas wystarczy i to, że ciepło (jakakolwiekby zresztą była jego istota i chociażby ono nie było niczém inném jak tylko ruchem molekuł) jest w każdym razie antytezą molekularnego przyciągania. Jeżeli stałe ciało topi się w skutek ogrzania, to znaczy, że dodana do niego ilość ciepła równoważy siłę wzajemnego przyciągania, działającą wśród jego molekuł. Jeżeli zaś ciekłe ciało przechodzi w stan lotny, to nie tylko oznacza, że owo przyciąganie zupełnie zniesioném zostało, ale nadto że utajone ciepło nadało molekułom dążność oddalania się wzajemnego, — dążność, której granicą jest zewnętrzne ciśnienie.

Przejście ze stanu stałego w ciekły, a z ciekłego w lotny nie wyczerpuje wszystkich zmian jakich materja doznaje pod wpływem ciepła. Wiadomo bowiem, że prawie wszystkie ciała, tak stałe jak ciekłe i lotne, rozszerzają się od ciepła. Ta definicja ciepła, jaką podaliśmy powyżej, wyjaśnia nam to zjawisko jakoteż tłumaczy dłaczego rozszerzenie owo jest najmniejsze w ciałach stałych, znacznie większe w ciekłych, a największe w lotnych.

Badanie rozszerzalności ciał stałych i ciekłych nie doprowadziło nas dotąd do wykrycia żadnego ogólnego prawa.

Przekonano się tylko, że przy tém samym podwyższeniu temperatury rozmaite ciała rozmaicie się rozszerzają. Przytaczamy tu dla przykładu rezultat badań nad rozszerzalnością dwóch ciał stałych: platyny i miedzi, — i dwóch ciekłych: rtęci i wody.

	Objętość przy 0°.	Objętość przy 100°.
Platyna	100,000	100,265
Miedź	100,000	100,515
Rteć	100,000	101,815
Woda	100,000	104,298

Zupełnie inaczej rzeczy się mają z ciałami lotnemi. One bowiem — tak jak mówiliśmy już powyżej (str. 85) — jednakowo się rozszerzają przy jednakowém podwyższeniu temperatury, a zatem stopień ich rozszerzalności nie zależy od ich natury. Gazy pierwiastkowe jak wód, chlor, tlen, azot i gazowe związki jak kwas chlorowodowy, amoniak, gaz bagienny jednakowo zwiększają swą objętość przy tém samym podwyższeniu temperatury. 100,000 objętości pomienionych gazów, wymierzone przy 0°, ogrzane do 100° będą wynosiły 136,650 objętości; — są wprawdzie małe zboczenia, ale je pominać możemy.

Wykryto także, że ciała stałe i ciekłe mniej się rozszerzają w niższej temperaturze niż w wyższej. I tak np. przekonano się że:

	Objętość przy 0°	Objętość przy 100°	Objętość przy 300°
Platyna	100,000	100,265	100,826
Miedź	100,000	100,515	101,694

Gdyby stopień rozszerzalności platyny i miedzi wykryty między 0° a 100° był ten sam co między 100° a 200° i 200° a 300°, natenczas 100,000 objętości platyny, ogrzane od 0° do 300°, wynosiłyby zaledwie 100,795 obj. a 100,000 miedzi tylko 101,546 objętości. Taką samą nieproporcjonalność dostrzeżono także w rozszerzaniu się ciał ciekłych, jak rtęci, a szczególnie wody.

	Objętość przy 0°	Objętość przy 50°	Objętość przy 350°
Rtęć	100,000	100,901	106,574
	Objętość przy 0°	Objętość przy 50°	Objętość przy 100°
Woda	100,000	101,176	104,298

Gdyby rtęć i woda rozszerzały się w tym samym stosunku w wyższej temperaturze co między 0° a 50°, to 100,000 obj. rtęci ogrzane od 0° do 350° wynosiłyby 106,307 obj. a 100.000 wody ogrzane od 0° do 100° wynosiłyby zaledwie 102,352 objętości.

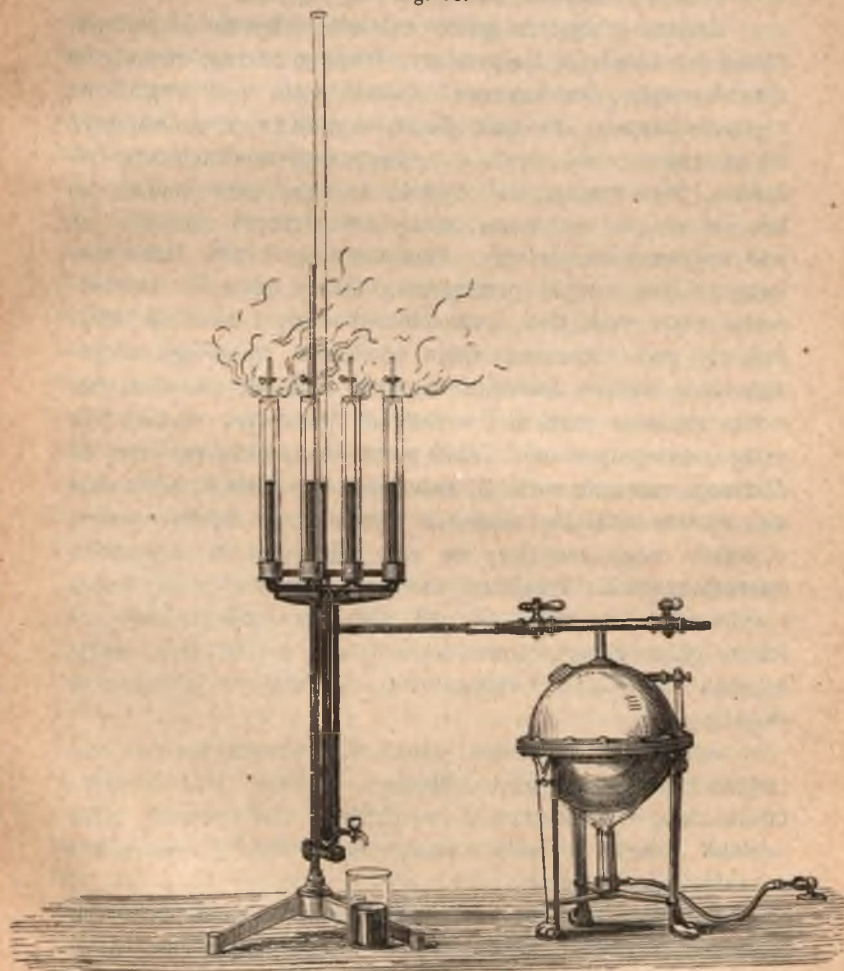
Natomiast ciała lotne jednakowo się rozszerzają tak w wyższej jak i w niższej temperaturze. Jeżeli 100,000 obj. wodu, chloru, tlenu i azotu, lub kwasu chlorowodowego, amoniaku i gazu bagiennego, ogrzane od 0° do 100°, wynoszą 136,650 obj., to te same 100,000 obj. ogrzane do 200° wynosić będą 173,300 (= 136,650 + 36,650) a ogrzane do 300° zajmą 209,950 (= 173,300 + 36,650) objętości.

Rozszerzalność gazów pod wpływem ciepła jest dla nas tak ważną sprawą, że nieodrzeczy będzie sprawdzić na doświadczeniu, ażali rzeczywiście rozmaite gazy jednakowo się rozszerzają. W tym celu porównamy kilka gazów najbardziej różniących się pod względem swych własności, — i sądzimy że najlepiej zrobimy jeżeli z pośród pierwiastkowych gazów weźmiemy wód i tlen, a z pośród lotnych związków kwas chlorowodowy i amoniak.

Przyrząd, wcale nieskomplikowany, da nam możność porównania rozszerzalności tych gazów pod wpływem ciepła (fig. 75). Składa się on z nieco zmienionej szklanej rurki **U**, mającej jedno ramię znacznie dłuższe od drugiego i osadzonej na odpowiedniej podstawie. Dłuższe ramię rurki zakończone lejkowato, jest u góry otwarte; krótsze zaś jest zaopatrzone w szklaną poziomą rurkę, z której wyrastają cztery pionowe. Te cztery pionowe rurki wstawione są do szerszych nieco cylindrów, otwartych u góry, a u dołu osadzonych w metalowych rurkach, komunikujących za pomocą poziomej, również metalowej rurki z dużą butlą parową. U dołu znajduje się szklany kurek, potrzebny tak do wypełnienia przyrządu jak

i do opróżnienia go; w danym razie wypełniamy przyrząd całkowicie rtęcią. Każda z owych pionowych rurek zaopatrzona jest w szklany kurek; to daje możność napełnienia ich gazami, które porównywać mamy. Na ten cel łączymy owe rurki za pomocą kauczukowych rurek z przyrządami, w których się pomienione gazy wywiązują, a następnie odkręciwszy wszystkie kurki, wypuszczamy rtęć u dołu. Zręcznie manipulując, można

Fig. 75.



wszystkie cztery rurki wypełnić do połowy gazami; a ponieważ średnica rurek jest tą samą, otrzymamy przeto jednakową objętość gazów. Miejsce zetknięcia się ich z rtęcią zaznaczamy za pomocą kauczukowych pierścieni. — Jeżeli zaś teraz do szklanych cylindrów, otaczających rurki, wpuścimy parę wrzącej wody, przekonamy się, że wszystkie gazy jednakowo się rozszerzą, jakoteż że jeżeli potem przyrząd oziębimy dostrzeżemy że wszystkie jednakowo zmniejszą swą objętość.

Zmiana w objętości gazów zależała wyłącznie od podwyższenia lub obniżenia temperatury. Według naszego rozumienia zjawisk ciepła, każdorazowa objętość gazu jest wypadkową z przeciwstawnego działania dwóch czynników, równoważących się nawzajem: siły ciepła i zewnętrznego mechanicznego ciśnienia. Stąd wynika, że objętość każdego gazu zmienia się tak dobrze pod wpływem zmiany zewnętrznego ciśnienia jak pod wpływem temperatury. Przekonać się o tém łatwo możemy na tym samym przyrządzie. Cztery użyte do doświadczania gazy: wód, tlen, kwas chlorowodowy i amoniak, znajdują się pod ciśnieniem słupa powietrza, tłoczącego na powierzchnię rtęci w dłuższem ramieniu rurki **U**, albowiem rtęć w tém ramieniu rurki **U** i w czterech pionowych rurkach jest u tego samego poziomu. Jeżeli przeto teraz dolejemy rtęci do dłuższego ramienia rurki **U**, natenczas słup metalu, podnosząc się, wywrze znacznie silniejsze ciśnienie na objętość gazów, w skutek czego zmniejszy się ona jednakowo we wszystkich czterech rurkach. Jeżeli zaś naodwrot odkręcimy dolny kurek i wylejemy nieco rtęci, to pod wpływem zmniejszonego ciśnienia gazy wrócą do pierwotnej objętości, a jeżeli rtęć i nadal wylewać będziemy, zwiększą swą objętość w jednakowym stopniu.

Opisana tutaj własność gazów w przeciwstawieniu do ciał stałych i ciekłych wyjaśnia, dlaczego użyliśmy ich do rozwinięcia naszych chemicznych wyobrażeń. Boć przecie tylko w stanie lotnym możemy rozmaite formy materji zredukować do jednolitej objętości.

Pozostaje nam jeszcze dorzucić słów kilka o niektórych twierdzeniach nauki co do molekularnego układu ciał. Atoli na wstępie już zauważyć należy, że twierdzenia te ograniczają

się wyłącznie do ciał lotnych, albowiem tylko o ich naturze zdołali chemicy i fizycy cośkolwiek wysnuć z badania zjawisk ciepła; o molekularnym zaś układzie ciał stałych i cieczy nie prawie, albo bardzo niewiele powiedzieć możemy. Natomiast fakt ten, że wszystkie prawdziwe gazy pod wpływem tych samych zmian temperatury i ciśnienia jednakowo się zgęszczają i rozszerzają, daje nam prawo wnosić, że wszystkie gazowe ciała mają tę samą molekularną budowę. Ponieważ zaś przypuszczamy, że każda molekula otoczona jest wokoło pewną — że tak powiemy — sferą siły, ściśle z ciepłem spowinowaconej a dążącej do wzajemnego oddalenia molekuł, przeto tożsamość molekularnej budowy ciał lotnych znaczy właściwie to, że wszystkie gazy, znajdujące się w tych samych warunkach temperatury i ciśnienia posiadają w równiej objętości tę samą liczbę sferą siły otoczonych molekuł. Stąd logiczny wniosek, że molekuly wszystkich gazów — — a przez molekulę będziemy odtąd rozumieli punkt materjalny wraz z jego sferą siły — — znajdujące się w tych samych fizycznych warunkach, posiadają te same rozmiary. Streszczając to w prostszej formie, będziemy to tak rozumieli: że nasza wolumetryczna jednostka czyli litr wypełniony bądź wodem bądź kwasem chlorowodowym, a więc bądź gazem pierwiastkowym bądź złożonym, zawiera — *omnibus paribus* — tę samą liczbę jednakowo wielkich molekuł.

Doszedłszy do tego punktu wypada zwrócić się ponownie do sprawy podzielności materji. Przypominamy sobie niechybnie, że rozróżnialiśmy dwie formy téj podzielności: molarną i molekularną; pierwszą uważaliśmy jako realny rozdział materji na mole czyli na masy lub fragmenty dające się wymierzyć; drugą zaś jako idealny jej podział na niedające się wymierzyć molekuly. Sama bowiem definicja pojęcia molekuly wskazuje jasno, że na razie nie możemy zmierzyć absolutnej wielkości molekuł. Zresztą wobec tego celu, do którego dążymy, wymierzenie ich absolutnej wielkości miałoby dla nas podrzędną wartość. Wystarcza nam i to, że przez molekulę rozumiemy najmniejszą materjalną cząsteczkę, której, jako niedającej się mechanicznie odłączyć

od innych, nadajemy przynajmniej w myśli naszej odrębne istnienie; przyczem zostawiamy każdemu swobodę, stosownie do własności jego indywidualnej wyobraźni, wyznaczyć molekułę taką wielkość jaką uzna za stosowne. W każdym razie jakiegokolwiek mielibyśmy wyobrażenie o wielkości molekuł, przypuszczając ich istnienie, przypuścić zarazem musimy granicę podzielności materji.

Jednakże przypuszczenie to stanowczy opór u wielu znajduje. Hipotezie tej zarzucają przedewszystkiem, że opuszczając grunt doświadczalnych faktów, wzywa na pomoc spekulacją, której przecież zaufać wcale niepodobna.

Bo też nie da się zaprzeczyć, że podzielność materji, teoretycznie rzecz biorąc, granicy mieć nie może. Wszak najmniejszą cząsteczkę w wyobraźni rozciąć możemy na dwie połowy. I tak dzielić możemy bez miary i końca, aż wreszcie fantazja znużona odmówi pomocy wprzód jeszcze zanim do kresu zdążymy. Jakkolwiek niewątpliwie spekulacja ta ma wiele takiego, co przemawia na jej korzyść, przecież nie wyklucza ona możebności przypuszczenia, że w przyrodzie istnieje granica, po za którą materja nie daje się dzielić, chociaż nie mamy środka osiągnąć tej granicy.

Mając na uwadze wszystko to cośmy powiedzieli powyżej, nietrudno zrozumieć, że głównie nam zależeć powinno na wyznaczeniu względnej wielkości molekuł. A pod tym względem rozważanie zjawisk ciepła dostarczyło bardzo cennych wskazówek w sprawie molekuł ciał lotnych. Albowiem badając te zjawiska wyprowadzono wniosek, że molekuły ciał lotnych, tak pierwiastkowych jak i składowych, znajdując się w tych samych warunkach fizycznych, posiadają tę samą wielkość. A jeżeli wniosek ten jest prawdziwy, natenczas z równym prawem orzekać możemy o względnym ciężarze molekuł, a mianowicie, że ciężary molekuł muszą się mieć względem siebie jak ciężary objętościowe odpowiednich ciał lotnych.

Wykrycie tej proporcjonalności przedstawia nam w zupełności nowem światłem znaczenie ciężaru objętościowego ciał. Ciężar ten, który napotkaliśmy na samym wstępie naszych badań, który w dalszym ciągu był główną naszą pomocą

w układaniu chemicznej symbolistyki, który nam następnie oddawał tak cenne usługi w oznaczeniu ciężaru połączeniowego ciał, a który wreszcie prawie znikł z oczu naszych, kiedy była mowa o ciężarze zastępczym, ciężar ten występuje ponownie na widownię i okazuje się tym razem jako jedyna dźwignia naszych rozumowań o budowie i o układzie molekularnym materji.

Rozumowania nasze zniewoliły nas do przypuszczenia egzystencji molekuł to jest maluczkich, odrębnie istniejących cząsteczek materji, których względny ciężar wyznaczyć można przez wykrycie ciężaru objętościowego rozmaitych ciał. Atoli spekulacja nie zatrzymuje się na tém, lecz doszedłszy do tego punktu kroczy jeszcze dalej w celu dalszego wyprowadzenia wniosków o wewnętrznej budowie materji.

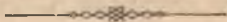
Jakkolwiek molekularny podział materji jest właściwie idealnym, i jakkolwiek już same molekuly są nieskończenie małe jęj cząsteczki, jednakże doświadczenia każą nam przypuszczać, że mimo to molekuly owe złożone być muszą z drobniejszych jeszcze części. Na poparcie tego twierdzenia wystarczy nam przedstawić sobie budowę związków lotnych. I tak np. materja stanowiąca molekulę kwasu chlorowodowego musi być dwurodna: musi się składać z wodu i z chloru. Zatem powinniśmy rozróżniać w niej dwie conajmniej cząstki: cząstkę wodu i cząstkę chloru. Te ostatnie składowe części molekuł nazywamy *atomami* (od $\tau\acute{\epsilon}\mu\omega$, tnę, dziele, — z dodaniem *a* privativum). To cośmy tu powiedzieli o kwasie chlorowodowym stosuje się także do pary wodnej, do amoniaku i w ogóle do każdego złożonego gazu, tak że śmiało możemy zatwierdzić, iż molekuly związków gazowych uważamy jako agregaty atomów.

Atoli proste, choćby chwilowe zastanowienie się każe nam przypuszczać, że i molekuly gazowych pierwiastków są także skupieniem atomów. Weźmy bowiem jeszcze raz pod uwagę kwas chlorowodowy, którego wolumetryczną budowę znamy już z poprzedniego. Wiemy mianowicie, że litr wodu z litrem chloru tworzą 2 litry tego kwasu. Przypuśćmy tedy, że w litrze wodu jest pewna *n* ilość molekuł wodu; naturalnie w takim razie i w litrze chloru jest ta sama *n* ilość molekuł

chloru, a w skutek tego w 2 litrach kwasu chlorowodowego jest $2n$ molekuł chlorowodowych. Atoli ponieważ każda molekula chlorowodowa składa się z 1 atomu wodu i z 1 atomu chloru, przeto w $2n$ molekułach jest $2n$ atomów wodu i również $2n$ atomów chloru. Owoż atomy te powstały z n molekuł wodu i z n molekuł chloru. Stąd prosty wniosek, że $2n$ atomów wodu równa się n molekuł wodu, a $2n$ atomów chloru równa się n molekuł chloru, czyli że każda molekula wodu składa się conajmniej z 2 atomów wodu, a każda molekula chloru z 2 atomów chloru. — Ponieważ taki sam rezultat osiągnęlibyśmy, gdybyśmy podobnie zbadali inne znane nam gazowe pierwiastki, przeto śmiało orzec możemy, że molekuly tak ciał złożonych jak i pierwiastkowych są agregatami atomów.

Śmiem sądzić, że dość jasno nakreśliłem różnicę między molekułą a atomem. Przez molekułę rozumiemy najmniejszą cząsteczkę materji, posiadającą jeszcze odrębną, samoistną egzystencją i składającą się z atomów, które już oddzielnie istnieć nie mogą. Przeto atom jest tylko składową częścią molekuly, ale składową częścią tego rodzaju, że jeżeli porzuca jedną molekułę to tylko dlatego, aby natychmiast wziąć udział w budowie innéj; — zatem atom w stanie wolnym, jako jednostka oddzielna, istnieć nie może. Tłumacząc tedy ze stanowiska hipotezy molekularnéj formacją kwasu chlorowodowego z wodu i z chloru, wyobrażamy sobie tę rzecz w ten sposób, iż molekula wodu złożona z 2 atomów wodu i molekula chloru złożona z 2 atomów chloru wymieniają nawzajem po jednym atomie, w skutek czego powstają odrazu 2 molekuly kwasu chlorowodowego, z których każda złożona jest z 1 atomu wodu i 1 atomu chloru. Idąc dalej w kierunku nakreślonym przez tę hipotezę, przypuścić musimy, że rozkład jednéj tylko molekuly kwasu chlorowodowego na jéj składowe części jest rzeczą niemożliwą. Musimy conajmniej mieć tyle molekuł kwasu chlorowodowego, ile potrzeba aby z rozkładu ich powstać mogły całkowite molekuly wodu i chloru; a więc conajmniej 2 molekuly kwasu chlorowodowego, gdyż wtedy tylko 2 atomy wodu złączą się spodem w jedną molekułę wodu a 2 atomy chloru w jedną molekułę chloru.

Rozdzieliwszy molekułę na atomy, dotarliśmy do kresu naszych rozumowań nad budową czyli nad wewnętrznym układem materji. Okazało się tedy, że układ ten jest trojaki: molarny, molekularny i atomistyczny. W skutek realnego podziału materji otrzymane mole czyli masy dające się wymierzyć, okazały się w świetle spekulacji jako złożone z molekuł czyli z cząstek nieskończenie maluczkich, które lubo nie dają się wymierzyć, wszelako są jeszcze zdolne do samoistnego bytu. Molekuły te w skutek dalszego idealnego podziału przedstawiły się jako agregaty atomów, cząstek najmniejszych, nieistniejących oddzielnie czyli niezdolnych do samoistnego bytu, a przeto będących składowemi częściami molekuł i zarazem elementami, z których ostatecznie materja się składa.



XI.

Zastosowanie chemicznej symbolistyki do molekularnej hipotezy. — Symbolistyczne przedstawienie pierwiastkowych i złożonych molekuł. — Powstanie tak jednych jak i drugich molekuł w skutek kojarzenia się atomów. — Dwuatomowe, czteroatomowe i jednoatomowe molekuły pierwiastków. — Stosunek ciężaru objętościowego pierwiastków do atomowości molekuł. — Przykłady rozmaitej atomistycznej budowy molekuł. — Graficzne przedstawienie pierwiastkowych i złożonych molekuł. — Stosunek ciężaru atomowego do molekularnego. — Hipotetyczny ciężar molekularny ciał nielotnych. — Wpływ hipotezy molekularnej na układ chemicznych równań. — Styl atomistyczny i molekularny. — Chemiczne zjawiska rozważane ze stanowiska molekularnej hipotezy.

Z

Le stanowiska, na którym teraz stoimy, zupełnie w inném świetle widzimy zjawiska chemiczne. Odrębne fakty, do niedawna luźne i niepowiązane niczém ze sobą, przedstawiają się nam teraz jako sprzężone w harmonijną całość, której istnienie wprawdzie mogliśmy przypuszczać, ale o której wszelako nic pewnego nie byliśmy w stanie powiedzieć. Owoż teraz kiedy ją mamy przed sobą, warto byłoby pomyśleć o tém, aby ją lepiej wbić w pamięć naszą. A celu tego najsznadszniej dopniemy, jeżeli rezultat rozumowań naszych nad wewnętrznym układem materji wyrazimy w tym samym symbolicznym języku, w którym wprzód wyrażaliśmy rezultat badań nad chemicznym składem złożonych ciał, zwłaszcza, że język ów jak najlepiej daje się zastosować do nowych naszych poglądów.

W myśl przeto tych poglądów rozpatrzmy najprostszy ze znanych nam związków, ów kwas chlorowodowy, którego rozbiór dał nam pochop do wnioskowania o atomistycznym składzie molekuł. Mówiliśmy powyżej, że 1 molekula kwasu chlorowodowego zawierać musi conajmniej 1 atom wodu i 1 atom chloru, co jednak nie przeszkadza temu, że i więcej atomów wodu i chloru może brać udział w wytworzeniu takiej molekuly. Ponieważ nie znamy absolutnej objętości molekuly ani też absolutnej objętości atomu, przeto też naprzód wyznaczyć nie możemy ile atomów zawiera się w jednej molekule. Tyle tylko z pewnością powiedzieć możemy, że jeżeli ciężar sumy atomów wodu, wchodzących w skład molekuly kwasu chlorowodowego, oznaczymy przez 1, to suma atomów chloru złączonych z atomami wodu ważyć będzie 35,5, a ciężar molekuly utworzonej ze złączenia się jednych atomów z drugimi będzie wynosił $1 + 35,5 = 36,5$. I dalej: że jeżeli objętość atomów wodu, potrzebnych do utworzenia molekuly kwasu chlorowodowego, będzie wynosiła 1, to objętość atomów chloru będzie 1, a objętość molekuly kwasu chlorowodowego będzie równała się 2.

W innej formie wypowiedzieliśmy przeto teraz to samo, co dowiedzieliśmy się już przedtem, badając eksperymentalnie kwas chlorowodowy, i co wyrażaliśmy graficznie w formułce:



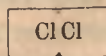
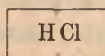
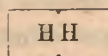
Do formułki tej przywiązywaliśmy dotychczas wyobrażenie bezwzględnej objętości i bezwzględnego ciężaru; jednak to nie przeszkadza nam w nadaniu jej innego znaczenia. Dotąd wyobrażała nam ona 2 litry czyli $1 + 35,5 = 36,5$ kr. kwasu chlorowodowego, odtąd zaś będzie graficznym wyobrażeniem molekuly tego kwasu. Symbole H i Cl wyrażały 1 litr = 1 kr. wodu i 1 litr = 35,5 kr. chloru, oznaczały zatem ciężary połączeniowe tych pierwiastków; gdy tymczasem teraz przedstawiać nam będą sumę atomów wodu i sumę atomów chloru, biorących udział w ukształceniu molekuly kwasu chlorowodowego. Atoli ponieważ nie możemy określić liczby atomów, wchodzących tutaj w grę, przeto aby uprościć rzecz całą, będziemy zamiast niewiadomej liczby brali najmniejszą możebną

liczbę atomów wodu i chloru w molekułi kwasu chlorowodowego. W myśl tedy tego przypuszczenia molekuła ta będzie się składała z 1 atomu wodu i z 1 atomu chloru, a jeżeli formułka powyższa ma być odtąd jej wyrazem, natenczas symbol H oznaczać będzie 1 atom wodu, a symbol Cl 1 atom chloru.

To co powiedzieliśmy tutaj o kwasie chlorowodowym i o jego pierwiastkach stosuje się do wszystkich związków i do wszystkich pierwiastków. Formułki dwulitrowe związków będą odtąd wyrażały molekuły tychże związków, a symbole ciężaru połączeniowego pierwiastków oznaczać będą ich ciężar atomowy to jest ciężar najmniejszej ich ilości biorącej udział w utworzeniu molekuły.

Opisując genezę molekuły kwasu chlorowodowego w poprzednim wykładzie, wykazaliśmy dobitnie, że molekuły jego pierwiastków składać się muszą z atomów. Ponieważ zaś molekuły pierwiastków mają tę samą objętość, co molekuły związków, przeto też liczba atomów, zawartych w molekułi wodu, i liczba atomów zawarta w molekułi chloru musi być tą samą co liczba atomów znajdujących się w molekułi któregośkolwiek bądź gazowego związku. Mając to na uwadze, snadno zrozumiemy teraz, że przez H wyrażony atom wodu zajmuje połowę przestrzeni zajętej przez HCl czyli przez molekułę kwasu chlorowodowego. Owoż molekuła wodu, aby miała objętość równą molekułi kwasu chlorowodowego, powinna zawierać dwa atomy wodu. Również przez Cl wyrażony atom chloru zajmuje połowę przestrzeni zajętej przez HCl; przeto 2 atomy chloru znajdować się muszą w molekułi chloru. Trzymając się tedy tej samej zasady, którą przyjęliśmy do wyrażenia graficznie molekułi kwasu chlorowodowego, wyrazimy w następujący sposób molekuły pierwiastków, wchodzących w jego skład:

Molekuła wodu. Molekuła kw. chlorow. Molekuła chloru.

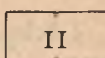
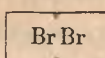
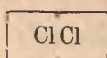
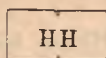


Trzy te diagramy przedstawiają nam trzy molekuły, jedne ciała złożonego a dwie ciał pierwiastkowych, unaoczniając

zarazem jednokształtność ich atomistycznej budowy. To też służyć nam będą za wzór do graficznego przedstawiania atomowego składu molekuł innych ciał.

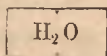
Przypominamy sobie niechybnie, że kwas bromowodowy i jodowodowy są to dwa związki bardzo podobne do kwasu chlorowodowego, i że w objętości dwóch litrów zawierają 1 ciężar połączeniowy wodu złączony w pierwszym z 1 cięż. łącz. bromu, a w drugim z 1 cięż. łącz. jodu. Owoż ponieważ w miejsce ciężaru połączeniowego substytujemy teraz atom, przeto molekula kwasu bromowodowego zawiera 1 atom wodu i 1 atom bromu, a molekula kwasu jodowodowego 1 atom wodu i 1 atom jodu; ponieważ zaś atomy bromu i jodu zajmują połowę tej przestrzeni co molekuly obu pomienionych kwasów, przeto molekula bromu samego składać się musi z 2 atomów bromu, a molekula jodu z 2 atomów jodu, na wzór molekuly wodu i chloru.

Molekuła wodu. Molekuła chloru. Molekuła bromu. Molekuła jodu.



We wszystkich tych molekułach przypuszczamy istnienie 2 atomów. Powiadamy przeto, że molekuly ciał złożonych: kwasu chlorowodowego, bromowodowego i jodowodowego są dwuatomowe jak również dwuatomowe są molekuly pierwiastków, biorących udział w wytworzeniu pomienionych kwasów.

W podobny sposób zmienimy znaczenie znanej nam dwulitrowej formułki wody.



Dotychczas była ona dla nas wyrazem tego doświadczalnego faktu, że w 2 litrach pary wodnej 2 litry wodu połączone są z 1 litrem tlenu; odtąd zaś wyrażać będzie trójatomową molekułę pary wodnej, złożoną z 2 atomów wodu i 1 atomu tlenu. Badając tę formułkę dowiadujemy się zarazem jaka jest budowa molekuly tlenu, albowiem widoczna jest rzeczą, że atom tlenu zajmuje połowę tej przestrzeni co cała molekula pary wodnej, i że przeto molekula tlenu składać

się musi z dwóch jego atomów, jak to okazujemy w następującej formułce:



Mówiliśmy już powyżej, że kwas siarkowodowy i selenowodowy są to związki podobne pod względem budowy chemicznej do pary wodnej. Owoż formułki tych związków



i



używać możemy do wyrażenia ich trójatomowej molekuly, z czego wypadnie, że molekula tak siarki jak i selenu składa się z dwóch atomów odnośnych ciał, a to dzięki temu samemu rozumowaniu, które nam wykryło atomistyczną budowę molekuly tlenu. Otrzymamy przeto



i



Z kolei rzeczy wypada nam tedy rozebrać i amoniak, zwłaszcza że objętościowy skład jego różni się zarówno od składu kwasu chlorowodowego jakoteż i od pary wodnej. Tym razem także użyjemy znaney nam formułki dwulitrowej



do wyrażenia molekuly amoniaku. H_3N oznacza, że 3 atomy wodu złączone są z atomem azotu i że przeto molekula amoniaku jest czteroatomową, co odróżnia ją od molekuly wody, która była trójatomową i od molekuly kwasu chlorowodowego, która była dwuatomową. Mimo to molekula azotu jest dwuatomową tak jak molekuly wszystkich innych pierwiastków, rozpatrzonych dotychczas, albowiem analiza wykazała, że 2 litry amoniaku zawierają w sobie 1 litr azotu tak samo jak 2 litry pary wodnej zawierały litr tlenu, a 2 litry kwasu chlorowodowego litr chloru. Owoż jeżeli te elementy mają dwuatomową molekularną budowę, przeto i azot mieć ją musi.

Do amoniaku podobnym jest fosforek i arsenek trójwodu. Dwulitrowe ich formułki



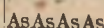
i



każą nam przypuszczać, że molekuly obu związków są również czteroatomowe. Jednakże ażaliż mamy prawo z podobieństwa budowy tych molekuł do molekuly amoniaku wnosić, że molekuly fosforu i arsenu mają ten sam skład co molekula azotu? Wystarczy przypomnieć rezultat wolumetrycznego badania tych elementów, aby się przekonać, że wniosek taki byłby conajmniej lekkomyślnym. Wiemy przecież, że w objętości 2 litrów fosforu i arsenku trójwodu zawiera się tylko pół litra pary fosforowej i arsenowej. Jeżeli przeto molekula azotu, którego cały litr znajduje się w 2 litrach amoniaku, ma składać się z 2 atomów, to molekuly fosforu i arsenu składać się powinny z 4 atomów, jak to okazują następujące formuły



i



Mamy przeto dwa pierwiastki, których molekuly pod względem atomistycznej budowy różnią się zupełnie od molekuł wszystkich innych znanych nam pierwiastków.

Ale jakkolwiek znaczna jest różnica pod względem atomistycznej budowy między molekułami rozmaitych pierwiastków, i chociaż na pozór zdawaćby się mogło, że wkraczamy w dziedzinę chaotycznego bezładu, jednakże w gruncie rzeczy kręcimy się ciągle w kółku znanych nam faktów. Przypomnijmy bowiem sobie, że wszystkie pierwsze nasze rozumowania o chemicznych związkach nawiązywaliśmy do ciężaru objętościowego pierwiastków, którego miejsce zajął potem ciężar połączeniowy. Ciężary te w niektórych pierwiastkach równały się sobie nawzajem. Owoż ciężar połączeniowy, według tego jak go teraz uważamy, nie jest właściwie niczem innem tylko ciężarem atomowym pierwiastków. Atoli ponieważ przedtem przez ciężar połączeniowy jakiegokolwiek pierwiastku rozumieliśmy ciężar najmniejszej jego ilości, wchodzącej w skład 2 litrów któregośkolwiek jego związku; a przez ciężar objętościowy ciężar normalnego litru; przeto jeżeli zdarza się że ciężar połączeniowy

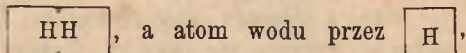
równa się ciężarowi objętościowemu i że ciężar połączeniowy zajmuje połowę przestrzeni zajętej przez 2 litry związku, natenczas przecież i atom musi zajmować połowę objętości molekuly. Zważywszy zaś, że molekuly pierwiastków zajmują tę samą przestrzeń co molekuly związków, przeto atom takiego pierwiastku, którego ciężar połączeniowy równa się objętościowemu, powinien być o połowę mniejszy od molekuly tegoż pierwiastku, która zatem składać się musi z 2 atomów. Tym sposobem dwuatomowe są molekuly wszystkich pierwiastków, mających ciężar połączeniowy równy objętościowemu. Lecz jeżeli w którymkolwiek pierwiastku oba te ciężary nie są sobie równe, natenczas atomistyczna budowa jego molekul będzie inną i zmieni się mianowicie w stosunku różnicy pomienionych ciężarów. I tak np. ciężar objętościowy fosforu i arsenu jest dwa razy większy od ich ciężaru połączeniowego, to jest że w objętości 2 litrów ich związków zawiera się $\frac{1}{2}$ litra pary fosforowej i arsenowej; przeto atom fosforu i arsenu zajmuje tylko połowę tej przestrzeni co atom azotu, a naturalnie czwartą część tej co molekuly fosforu i arsenu trójwodu lub wreszcie co molekuly samych tych pierwiastków. A zatem w jednej molekułe fosforu skupia się 4 atomy fosforu, a w jednej molekułe arsenu 4 atomy arsenu.

Oprócz fosforu i arsenu znamy jeszcze inne pierwiastki, których ciężar objętościowy różni się od połączeniowego; do takich należy np. rtęć (str. 156). Atoli w danym razie stosunek jest odwrotny. Bo podczas gdy w fosforze i arsenie ciężar objętościowy był dwa razy większy od połączeniowego, w rtęci ciężar połączeniowy jest dwa razy większy od objętościowego.

Owoż jeżeli molekuly pierwiastków, których ciężar objętościowy równa się połączeniowemu, składać się mają z 2 atomów; jeżeli dalej molekuly pierwiastków, których ciężar objętościowy jest dwa razy większy od połączeniowego, mają być złożone z $2 \times 2 = 4$ atomów, to z konsekwencji rzeczy, molekuly pierwiastków, których ciężar objętościowy jest o połowę mniejszy od połączeniowego, składać się muszą z jednego atomu. Tym sposobem otrzymujemy napozór dziwaczny rezultat, a mianowicie że molekuła rtęci jest jedn atomowa

czyli że molekuła tego metalu równa się jego atomowi. Atoli dziwaczność tego wniosku znika natychmiast, kiedy się zastanowimy nad t \acute{e} m, że przecie \acute{z} d w u a t o m o w y skła \acute{d} molekuly wodu jest tylko prost \acute{e} m nasz \acute{e} m przypuszczeniem.

Wiemy z pewnością tyle tylko, że molekuła wodu jest dwa razy wi \acute{e} ksza tak pod wzgl \acute{e} dem obj \acute{e} tości jak i ci \acute{e} żaru od najmniejszej ilośc*i* wodu, biorącej udział w utworzeniu molekuly kt \acute{o} regokolwiekba \acute{d} ż zło \acute{z} onego ciała. Owo \acute{z} ta najmniejsza ilośc*ie* może być grupą mn \acute{o} stwa atom \acute{o} w, może być agregatem stu, tysi \acute{a} ca, miljona atom \acute{o} w wodu; jeżeli przeto molekul \acute{e} wodu oznaczamy przez



to chcemy przez to wyrazić, że jakakolwiekba \acute{d} ż ilośc*ie* atom \acute{o} w skupia się do wytworzenia H, w ka \acute{z} dym razie molekuła wodu HH zawierać ich b \acute{e} dzie podw \acute{o} jn \acute{a} ilośc*ie*, wi \acute{e} c jeżeli tam sto, to tu dwieście, jeżeli tam tysi \acute{a} c, to tu dwa tysi \acute{a} ce, jeżeli wreszcie tam miljon, to tu dwa miljony. — Albo wyrażając to samo w formie algebraicznej: że jeżeli liczba atom \acute{o} w stanowiących H jest n , to liczba atom \acute{o} w skupionych w HH jest $2n$.

W ten to sposób powinniśmy tak \acute{z} e rozumieć atomistyczną budow \acute{e} molekuly rtęci. Jeżeli liczba atom \acute{o} w stanowiących molekul \acute{e} wodu HH jest $2n$, natenczas liczba atom \acute{o} w skupionych w molekuli rtęci, w Hg, jest n . Pamiętajmy bowiem, że to tylko gwoli przypuszczenia z naszej strony, iż molekuła wodu jest d w u a t o m o w \acute{a} , d \acute{o} js \acute{e} musieliśmy do wniosku, że molekuła rtęci jest j e d n o a t o m o w \acute{a} . Gdybyśmy za \acute{s} nie przypuszczali dwuatomowości pierwszej, a wyobrazili sobie budow \acute{e} j \acute{e} y bardziej skomplikowaną, nie mielibyśmy potrzeby tłumaczyć się z jednoatomowości drugiej molekuly, lubo w ka \acute{z} dym razie mielibyśmy t \acute{e} j ostatniej przyznać budow \acute{e} o połow \acute{e} mniej skomplikowaną ni \acute{z} w tamt \acute{e} j.

W dalszym ci \acute{a} gu poznamy jeszcze jeden metal, zwany K a d m (Cadmium), kt $\acute{o$ rego ci \acute{e} żar obj \acute{e} tościowy jest tak jak w rtęci dwa razy mniejszy od ci \acute{e} żaru połączeniowego, i kt $\acute{o$ rego molekuly są przeto tak samo atomistycznie zbudowane jak molekuly rtęci.

Stosownie tedy do powyższych rozumowań powinniśmy rozróżniać molekuly pierwiastk \acute{o} w pod wzgl \acute{e} dem atomistycznej

budowy jako dwuatomowe, czteroatomowe i jednoatomowe. Dla lepszego uwidocznienia tej różnicy, jednoczymy na następującej tablicy rozebrane powyżej molekuly w trzy oddzielne diagramy, z których łatwo można będzie osądzić stosunek między ciężarem atomowym a ciężarem molekularnym.

Ciężary molekularne pierwiastków mają się do siebie w stosunku ich ciężarów objętościowych zredukowanych do ciężaru objętościowego wodu, przyjętego jako jednostka. Atoli ciężar wodu nie jest tylko jednostką ciężarów objętościowych, ale także i ciężarów połączeniowych, które teraz bierzemy za jedno z ciężarami atomowymi. Zatem wód jest pierwiastkiem, którego ciężar atomowy i molekularny jest wspólną miarą ciężarów atomowych i molekularnych innych pierwiastków. A ponieważ molekula wodu jest dwa razy tak wielką jak jego atom, i ponieważ ciężar atomowy wodu uważamy jako $= 1$, przeto jego ciężar molekularny $= 2$. Tym sposobem otrzymujemy wartości ciężarów atomowych i molekularnych innych pierwiastków, podane na stronie 204.

1. Dwuatomowe molekuly.

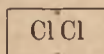
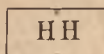
W o d i C h l o r.

Ciężar objętościowy równa się ciężarowi połączeniowemu.

Atom



Molekuła



2. Czteroatomowe molekuly.

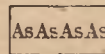
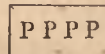
F o s f o r i A r s e n.

Ciężar objętościowy jest dwa razy większy od ciężaru połączeniowego.

Atom



Molekuła

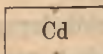
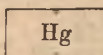


3. Jednoatomowe molekuly.

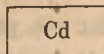
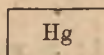
R t e ę c i K a d m.

Ciężar objętościowy równa się połowie ciężaru połączeniowego.

Atom



Molekuła



	Atom		Molekuła.	
	Ciężar	Symbol	Ciężar	Symbol
Wód	1	H	2	HH
Chlor	35,5	Cl	71	Cl Cl
Brom	80	Br	160	Br Br
Jod.	127	I	254	II
Tlen	16	O	32	OO
Siarka	32	S	64	SS
Selen	79	Se	158	Se Se
Azot	14	N	28	NN
Fosfor	31	P	124	PPPP
Arsen	75	As	300	AsAsAsAs
Rtęć	200	Hg	200	Hg
Kadm	112	Cd	112	Cd

Snadno teraz możemy wyznaczać atomistyczność każdej molekuly, albowiem iloczyn molekularnego ciężaru przez ciężar atomowy wykazuje nam liczbę zawartych w niej atomów. I tak np. liczba atomów znajdujących się w molekuli chloru jest $\frac{71}{35,5} = 2$; liczba atomów zawartych w molekuli arsenu jest $\frac{300}{75} = 4$; a w molekuli kadmu jest $\frac{112}{112} = 1$.

Samo się przez się rozumie, że molekularny ciężar wodu, do którego są zredukowane ciężary molekuł wszystkich innych

pierwiastków, jest także miarą molekularnego ciężaru wszelkich związków. W następującej tablicy podajemy właśnie molekularny ciężar wszystkich tych związków, które dotąd napotkaliśmy na naszej drodze.

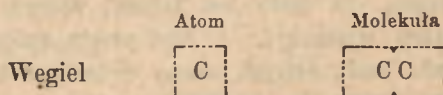
Wod	$\boxed{\text{H H}}$	2
Kwas chlorowodowy .	$\boxed{\text{H Cl}}$	36,5
Kwas bromowodowy .	$\boxed{\text{H Br}}$	81
Kwas jodowodowy . .	$\boxed{\text{H I}}$	128
Tlenek azotu.	$\boxed{\text{N O}}$	30
Woda	$\boxed{\text{H}_2\text{O}}$	18
Kwas siarkowodowy .	$\boxed{\text{H}_2\text{S}}$	34
Kwas selenowodowy .	$\boxed{\text{H}_2\text{Se}}$	81
Chlorek tlenu	$\boxed{\text{Cl}_2\text{O}}$	87
Chlorek rtęci	$\boxed{\text{Cl}_2\text{Hg}}$	271
Bromek rtęci.	$\boxed{\text{Br}_2\text{Hg}}$	360
Jodek rtęci	$\boxed{\text{I}_2\text{Hg}}$	454
Tlenek dwuazotu . . .	$\boxed{\text{N}_2\text{O}}$	44
Kwas podazotowy . . .	$\boxed{\text{NO}_2}$	46

Amoniak	H_3N	17
Fosforek trójwodu . .	H_3P	34
Arsenek trójwodu . .	H_3As	78
Chlorek fosforu . . .	Cl_3P	137,5
Chlorek arsenu . . .	Cl_3As	181,5
Chlorek bizmutu . . .	Cl_3Bi	314,5
Jodek arsenu	I_3As	456
Gaz bagienny	H_4C	16
Chlorek węgla	Cl_4C	154
Krzemek wodu	H_4Si	32
Chlorek krzemu	Cl_4Si	170
Chlorek cyny	Cl_4Sn	260
Bezwodnik kwasu węglowego	O_2C	44
Siarczek węgla	S_2C	76
Bezwodnik siarkowy .	O_2S	64

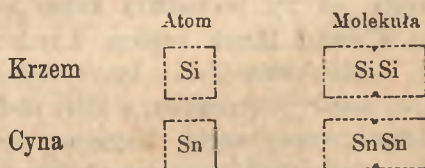
Z powyższego wynika, że aby wyznaczyć ciężar molekularny zarówno ciał pierwiastkowych jak i złożonych, trzeba wprzódy koniecznie określić ich ciężar objętościowy. Bo jakkolwiek wiemy, że między ciężarem molekularnym a atomowym jest pewien stosunek, jednakże nigdy nie możemy naprzód go oznaczyć. Więc chociaż niekiedy umiemy dokładnie wyznaczyć ciężar atomowy jakiegokolwiek pierwiastku, mimo to nie możemy jeszcze powiedzieć jaki jest jego ciężar molekularny, albowiem nie wiemy, ażali pod względem budowy molekuly jego należą do rzędu dwuatomowych, tak jak wodu i wielu innych pierwiastków; czy też są czteroatomowe tak jak fosforu; czy jednoatomowe tak jak rtęci; czy wreszcie inaczej zbudowane według jakiejś innej modły, niewykrytej dotychczas. Ponieważ zaś mało jest pierwiastków, które w stanie gazowym badać możemy, przeto też mało jest takich, których ciężar objętościowy zdołano wyznaczyć. A stąd prosty wniosek, że szczupła jest liczba ciał, których znamy ciężar molekularny.

Nie ma może pierwiastku, któregoby ciężar atomowy był tak dokładnie zbadany, jak węgla. Świeżo jeszcze mamy w pamięci jak wyznaczaliśmy jego ciężar połączeniowy za pomocą analizy jego związków z wodem i z chlorem: gazu bagiennego i chlorku węgla. Cyfra otrzymana w ten sposób potwierdzoną została przez analizę i wyznaczenie ciężaru objętościowego innych związków węgla, jak np. bezwodnika kwasu węglowego i siarczku węgla. W dwóch litrach każdego z tych związków zawiera się 12 kr. węgla, zatem ilość, której ciężar uważaliśmy przedtém jako ciężar połączeniowy, a który teraz uważać będziemy jako ciężar atomowy węgla. Natomiast nie zdołano dotąd wyznaczyć jego ciężaru molekularnego, albowiem wszystkie usiłowania w celu przeprowadzenia węgla w stan lotny spełżyły na niczém. Owoż dopóki nie wyznaczymy jego ciężaru objętościowego, dopóty brakować nam będzie podstawy do wykrycia jego ciężaru molekularnego. Wszelako wielu chemików jest zdania, że molekula węgla musi mieć dwuatomową budowę, tak samo jak molekula wodu i wielu innych pierwiastków. W takim razie molekularny ciężar węgla równałby się $2 \times 12 = 24 = CC$. Jest to jednak proste tylko przypuszczenie i z równém prawem moglibyśmy mniemać, że molekula

węgla jest zbudowana na kształt molekuly fosforu i że składa się z 4 atomów, a więc równa się $4 \times 12 = 48 = CCCC$; albo też że ma skład taki co molekula rtęci i że przeto jej ciężar atomowy równa się molekularnemu, któryby w takim razie wynosił $12 = C$. Nie należy bowiem zapominać, że wszystko to jest hipotezą, i że zatem żadne z tych przypuszczeń nie ma więcej prawa do bytu co inne, że nawet nie zgola nie wiemy ażali wśród nich kryje się prawda. Dlatego to przedstawiając graficznie nasz pogląd w tej mierze, nie zaniedbujemy uwydatnienia hipotetycznej jego wartości przez nadanie kropkowanych czworoboków formułce wyrażającej węgiel. A ponieważ dwuatomowa budowa jego molekuly ma za sobą największą liczbę analogicznych faktów, przeto atomy i molekuly jego będziemy wyrażali następująco:

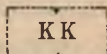
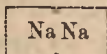
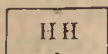


Zupełnie takie same rozumowania przeprowadzić musimy w sprawie krzemu i cyny, owych dwóch metali, które poznaliśmy już jako bardzo zbliżone do węgla. Ponieważ nie znamy ich ciężaru molekularnego, przeto ich atomy i molekuly wyrażać również musimy w kropkowanych czworobokach:



Słów kilka wypada jeszcze dorzucić co do ciężaru molekularnego sodu i potasu, albowiem sprawa tych ciał ma się jeszcze gorzej niż węgla, krzemu i cyny. Tam mogliśmy przynajmniej wyznaczyć ciężar połączeniowy, badając lotne związki; tutaj zaś i tej pomocy nie mamy. Znamy tylko ciężar zastępczy tych metali, i powołując się na rezultat badań nad ich ciepłem gatunkowem, przypuszczamy, że on się równa ich ciężarowi połączeniowemu. Atoli ponieważ nie możemy wykryć ich ciężaru objętościowego, nie mamy przeto środka do

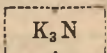
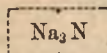
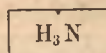
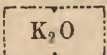
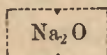
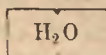
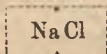
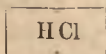
wyznaczenia ciężaru molekularnego. Hipotetycznie więc przypuszczamy, że molekuly sodu i potasu mają tę samą atomistyczną budowę co molekuly wodu, to znaczy że są dwuatomowe, jak to okazują następujące formułki:



i przypuszczenie to opieramy naprzód na tém, że molekuly większej części pierwiastków mają dwuatomową budowę — a następnie i na tém, że oba te metale w rozmaitych związkach zastępują wód w stosunku atomu za atom. Wszelako dopóty dwuatomowy skład molekuł sodu i potasu będzie miał hipotetyczną wartość, dopóki wprost nie zważymy gazów tych obu metali, — co jest problematem, którego rozwiązanie przedstawia nieprzewyciężone trudności eksperymentalne.

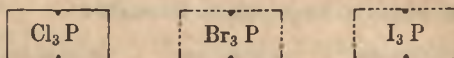
Wyznaczenie ciężaru molekularnego związków opiera się podobnie na uprzednim zbadaniu ich ciężaru objętościowego. Wszelako w danym razie metoda wnioskowania z analogji dostarcza nam i więcej i pewniejszych wskazówek, niż kiedy rzecz szła o pierwiastki.

Nie badano dotąd związków sodu i potasu z chlorem, tlenem i azotem w stanie lotnym; przeto molekularnego ciężaru tych ciał nie znamy wcale. Jednakże są powody (str. 149), gwoli których, molekuly tych związków przyrównać można pod względem budowy do wykrytych eksperymentalnie molekuł kwasu chlorowodowego, wody i amoniaku. Kropkowane czworoboki są przytém rękojmią tego, iż nie zapominamy o hipotetycznej wartości graficznie wyrażonego składu.

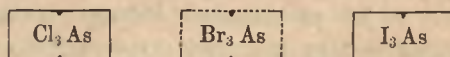


Nie znamy także ciężaru objętościowego bromku i jodku fosforu, ale ponieważ wyznaczyliśmy ciężar objętościowy chlorku fosforu, mamy przeto prawo, opierając się na analogji, wyrazić

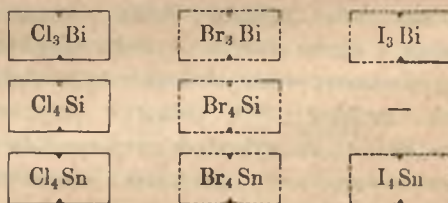
graficznie molekuly tamtych związków na wzór molekuly chlorku; użyjemy wprawdzie tutaj kropkowanych czworoboków, ale to nietylę oznacza że mniej wierzymy w dokła-



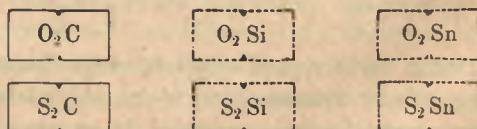
дноść tych formułek niż w formułkę chlorku, ile raczej że chcemy trzymać się konsekwentnie raz przyjętej zasady odznaczania w ten sposób tych formułek, których wartości nie sprawdziliśmy doświadczalnie. Jeszcze więcej jesteśmy pewni co do molekularnego ciężaru bromku arsenu, lubo go bezpośrednio nie zdołaliśmy wyznaczyć, a to dlatego tylko, że znamy ten ciężar dla chlorku i jodku arsenu.



Niemniej stanowczo orzekamy o ciężarze molekularnym bromku i jodku bizmutu, bromku krzemu, bromku i jodku cyny, opierając się na wykrytym eksperymentalnie ciężarze molekularnym chlorków tych metali.



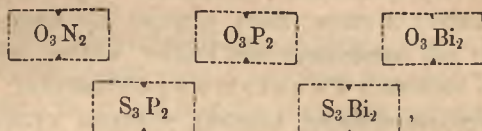
Formułki wyrażające ciężar molekularny nietlonych niedokwasów krzemu i cyny, jakoteż niemniej nietlonych siarczków tych metali, są ułożone na wzór formułek bezwodnika kwasu węglowego i siarczku węgla, których ciężar molekularny wykryliśmy doświadczalnie, a które to ciała w jednej linii z tamtymi stanąć mogą.



Wreszcie formułki niedokwasu i siarczku rtęci

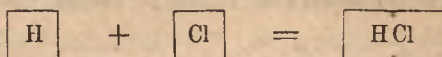


jako też formułki kwasu azotawego, niedokwasu i siarczku fosforu i bizmutu,

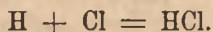


lubo nieoparte na bezpośredniem badaniu, ani też niedające się przyrównać do któregośkolwiek bądź związku, którego budowę eksperymentalnie wykryto, mają jednak za sobą to, że w nich uwzględniono najmniejszą liczbę atomów elementarnych składowych części, taką mianowicie, jaką wybadano na mocy ciężarowej analizy. Być więc bardzo może, że prawdziwe molekuly tych związków są wielownikami wyrażonych tu molekuł, wszelako zanotować warto i to, że molekularny ciężar podany w powyższych formułkach, znajduje lubo pośrednie mimo to dość ważne potwierdzenie w analogicznój budowie innych związków, które napotkamy w dalszym ciągu naszych studjów.

Hipoteza molekularna, zmuszając nas do ułożenia molekularnych formułek dla wyrażania związków i pierwiastków, wprowadziła zarazem pewne zmiany w naszej symbolistyce chemicznój, które to zmiany muszą się naturalnie uwydatnić w opisanych już tylokrotnie równaniach. Zupełnie bowiem w inném świetle przedstawia się nam teraz tworzenie się związków z ciał pierwiastkowych i rozkład ich na pierwiastkowe składniki. Przedtém pierwiastki łączyły się według ciężarów objętościowych lub według połączeniowych; teraz zaś molekuly, złożone z atomów, odbywają reakcje chemiczne, przeto formacja związków jako też ich rozkład powstaje w skutek intramolekularnój wymiany pierwiastkowych atomów. Owoż wymianę tę musimy także unaooczyć i w naszych równaniach. Przedtém syntezę kwasu chlorowodowego wyrażaliśmy w następującém równaniu :

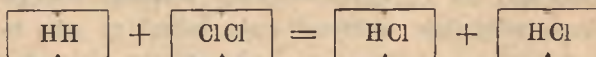


czyli

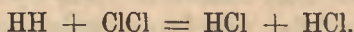


Owoż to równanie nie jest wyrazem prawdziwego stanu rzeczy, albowiem przedstawia pierwiastkowe gazy jako złożone z niepowiązanych atomów, które przecież nie mają samoistnej egzystencji; gdy tymczasem wód i chlor według molekularnej hipotezy są złożone z dwuatomowych molekuł.

W myśl molekularnej hipotezy równanie wyrażające syntezę kwasu chlorowodowego należy wyrazić w następujący sposób:



albo



Równania według tej nowej formy nazwać możemy równaniami molekularnymi, tamte zaś równaniami atomowymi.

Przekształcanie równań atomowych w równania molekularne jest nieskończenie łatwem. Parę przykładów pozwalamy sobie tutaj przytoczyć. Dotychczas formacją wody ze składających ją pierwiastków wyrażaliśmy następująco:



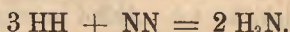
teraz zaś ze względu na molekularną hipotezę będziemy tak pisali:



W ten sam sposób przedstawimy powstawanie amoniaku; zamiast

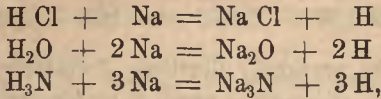


otrzymamy molekularne równanie

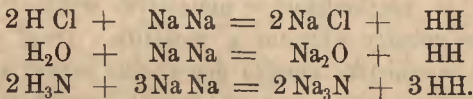


Rozkład związków na elementarne składniki jest przeciwną czynnością łączenia się tych ostatnich w celu utworzenia ciał złożonych. Ponieważ zaś w chwili rozkładu związków wywiązujące się pierwiastki występują w kształcie molekuł

a nie w kształcie atomów, przeto i analityczne równania na wzór syntetycznych zamiast w atomach będą odtąd wyrażane w molekułach. Atomistyczne równania



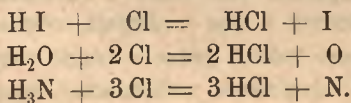
które w jednym z poprzedzających wykładów wyrażały rozkład kwasu chlorowodowego, wody i amoniaku pod wpływem sodu, przekształcając się w molekularne równania, przybiorą następującą formę:



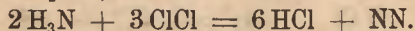
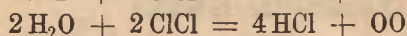
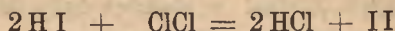
W pierwszym i trzecim atomistycznym równaniu sól i wód przedstawione są w formie atomowej, bo w liczbie nieparzystej atomów, w odpowiednich zaś molekularnych równaniach liczba ta jest podwojoną i przez to parzystą, a więc rozpadającą się bez reszty na dwuatomowe molekuły. Jest to typ budowy, właściwy wielu pierwiastkom. Wykryliśmy go w gazie wodu, a mamy ważne powody, głównie z analogji poczerpnięte, że swobodne molekuły pary sodowej są właśnie w ten sposób zbudowane. — Środkowe równanie atomistyczne nie różni się od molekularnego z tego względu, że molekuła wody, to jest najmniejsza jej cząstka mogąca samoistnie rozłożyć się, potrzebuje 2 atomów czyli 1 molekuły sodu do rozkładu, i przytém w chwili rozkładu wyzwala 2 atomy czyli 1 molekułę wodu.

Dwie następujące grupy równań wyrażają atomistycznie i molekularnie rozkład kwasu jodowodowego, wody i amoniaku pod wpływem chloru.

Równania atomistyczne.



Molekularne równania.



Podane tu przykłady ilustrują dostatecznie sposób przekształcania atomistycznych równań w molekularne. To też odtąd będą nam służyły za podstawę do układania molekularnych formułek, którymi często posługiwać się będziemy w dalszym ciągu naszych studiów.

Atoli zanim pójdziemy dalej nie zaszkodzi jeszcze raz streścić to co rozebraliśmy w niniejszym wykładzie i uwydatnić różnicę między atomem a molekułą. Owoż przez atom rozumiemy najmniejszą cząstkę pierwiastku wchodzącą w skład jakiegokolwiek związku; przez molekułę zaś najmniejszą cząstkę pierwiastku, mogącą samoistnie egzystować. Ciężar atomowy pierwiastków równa się zatem ich ciężarowi połączeniowemu, a ciężar molekularny podwójnemu ciężarowi objętościowemu.

Określenie to nie orzeka bynajmniej o liczebnym stosunku między molekułą a atomem. Właściwie rzeczy biorąc, molekuła może się składać z 2, 3, 4, słowem z mnóstwa atomów, jakoteż może być jedn atomową.

Zauważyć także musimy, że w dalszym ciągu naszych badań nietylko w molekularnych równaniach będziemy wyrażali procesy chemiczne. Forma atomistyczna ma także swoją dobrą stronę, a głównie tę, że jest prostszą i zwięzlejszą. Kiedy przy wyrażaniu reakcji chemicznej trzeba wyrazić zarówno stosunek ciężarowy jak i objętościowy biorących w niej udział pierwiastków, natenczas forma molekularna jest nieodbitnie potrzebną; lecz jeżeli do unaocznienia téjże reakcji potrzeba tylko uwydatnić stosunek ciężarowy, — a tak się rzeczy mają w większości wypadków — natenczas proste równania atomistyczne wystarczają zupełnie. Z tego to powodu wielu chemików pomija kompletnie molekularne równania. Jednakże my będziemy się ćwiczyli w obu rodzajach równań, a to dlatego aby w danym razie módz i jedne i drugie użytkować.

Znaczenie i doniosłość molekularnej hipotezy odsłoni się nam w całej pełni wtedy dopiero, kiedy poznamy więć ciał

prostych i kiedy dokładniej zbadamy ciała złożone. Wszelako już i teraz nietrudno dopatrzeć znacznych korzyści, jakich nam dostarczyło przyjęcie téj hipotezy. Niezmiennosc składu chemicznych związków jakoteż łączenie się pierwiastków według pewnych stosunków ciężarowych okazuje się nam teraz jako niezbędne następstwo atomistycznej budowy molekuł. Albowiem ciężary połączeniowe są właściwie względnyimi ciężarami atomów, a ponieważ chemiczne związki powstają w skutek sprzęgania się atomów, przeto nietrudno zrozumieć dlaczego skład tych związków jest niezmiennym i dlaczego pierwiastki kiedy się łączą w wielokrotnym stosunku, sprzęgają się w ten sposób, że ilości ich pod względem ciężaru mają się do siebie jak proste liczby. 1 atom jednego pierwiastku łączy się z 1, 2, 3, 4, 5 etc. atomami drugiego pierwiastku albo téż 2, 3, 4, 5 etc. atomów jednego łączą się z 1, 2, 3, 4, 5 etc. atomami drugiego. Teraz dopiero tłumaczymy sobie dlaczego związki sformowane w skutek złączenia się pierwiastków bądź według ciężarów połączeniowych, bądź według wielowników tychże ciężarów, jako gazy, zajmują tę samą przestrzeń. Albowiem atomy, bez względu na ich ciężar i liczbę, łączą się w molekuły téj samej objętości. Nawet fakt ten dlaczego pierwiastki w pewnych tylko stosunkach łączą się ze sobą, i dlaczego związki tém mniej są trwałe im więcej zawierają atomów, wyjaśnia się z łatwością za pomocą molekularnej hipotezy. Do pewnej tylko granicy atomy mogą się sprzęgać ze sobą i tworzyć molekułę; atoli w pobliżu téj granicy molekuła jest jakby już przeładowana atomami, przeto téż snadniej się rozpada niż molekuła mniej skomplikowana, zawierająca mniejszą liczbę atomów.

XII.

Atomistyczna budowa molekuł wzorowych związków wodu. — Rozróżnienie minimalnych ciężarów pierwiastków. — Minimalny ciężar molekularny i minimalny ciężar atomowy. — Siła sprzęgania atomów czyli kwantivalencja. — Różny jej stopień w atomach rozmaitych pierwiastków, oznaczony według liczby sprzęganych atomów wodu. — Jednowartościowe, dwuwartościowe, trzywartościowe i czterowartościowe atomy. — Podstawa naturalnej klasyfikacji pierwiastków. — Powstawanie wzorowych związków wodu. — Rozkład kwasu jodowodowego, wody, amoniaku i gazu bagiennego pod wpływem chloru. — Rozkład kwasu jodowodowego pod wpływem chloru i pod wpływem tlenu. — Przekształcanie się związków przez wstępowanie atomów w miejsce atomów występujących, zgodnie z prawem kwantivalencji. — Wynikające stąd zmiany w objętości; porównanie objętości kwasu chlorowodowego, wody, amoniaku i gazu bagiennego z objętością składających je pierwiastków. — Ażali pierwiastki łączą się tylko w stosunku wyznaczonym ich kwantivalencją? — Rozbiór związków tlenu z azotem. — Związki złożone równowartościowo i nierównowartościowo. — Nasycone czyli zamknięte i nienasycone czyli niezamknięte molekuly. — Tablica ciężaru atomowego pierwiastków. — Tablica ciężaru atomowego, objętościowego i molekularnego lotnych pierwiastków.

Podkad przyjęliśmy hipotezę molekularnej i atomistycznej budowy pierwiastków, odtąd też graficzne symbole, używane przez nas uprzednio do wyrażenia składu czterech wzorowych związków, nabrały innego znaczenia. Podwójne kwadraty, przedstawiające przedtém objętość dwóch litrów związku, są teraz

symbolem jego molekuly, kwadraty zaś i trójkąty, uzmysławiające do niedawna litr lub pół litra pierwiastku, są odtąd symbolem pierwiastkowych atomów.

W następującej diagramie formułki, wyrażające dotąd objętość dwóch litrów, a teraz będące symbolami molekuł czterech wzorowych związków wodu, uszykowane są wobec formułek, wyrażających dotąd objętość jednego litra, a będących teraz symbolami atomów tych pierwiastków, z których owe związki są złożone.

Atomistyczna budowa molekuł
4 wzorowych związków wodu.

Molekuły.	Atomy.						
$\text{HCl} = 36,5$	=	Cl 35,5	+	H			
$\text{H}_2\text{O} = 18$	=	O 16	+	H	H		
$\text{H}_3\text{N} = 17$	=	N 14	+	H	H	H	
$\text{H}_4\text{C} = 16$	=	C 12	+	H	H	H	H

Diagramma ta przedstawia nam w innej formie ten sam fakt, który wykryliśmy podczas naszych wolumetrycznych studiów, i który odtąd już kilkakrotnie przesuwaliśmy przed naszymi oczami: a mianowicie, że wypisane w środkowej kolumnie atomy chloru, tlenu, azotu i węgla łączą się z rozmaitymi liczbami atomów wodu, bo podczas gdy atom chloru sprzęga się z jednym atomem wodu w celu utworzenia molekuly kwasu chlorowodowego, atom tlenu sprzęga się z dwoma atomami i tworzy molekulę wody, atom azotu łączy się z trzema w molekule amoniaku, i wreszcie atom węgla z czterema atomami wodu wytwarza molekulę gazu bagiennego.

Diagramma ta okazuje nadto, że w równych pod względem objętości molekułach tych związków rozmaite ciężary atomów sprzężone są z wodem; albowiem atom chloru posiada ciężar 35,5, atom tlenu 16, atom azotu 14 i wreszcie atom

węgla 12. Owoż zasługuje na uwagę, że najcięższy z atomów ($Cl = 35,5$) łączy się z najmniejszą liczbą atomów wodu, bo tylko z jednym atomem, gdy tymczasem trzy inne atomy ($O = 16$, $N = 14$, $C = 12$) im są lżejsze tém z większą liczbą atomów wodu sprzęgają się w molekuly związków. Wnosić więc stąd możemy, że atom chloru ($35,5$) potrzebuje całej swój siły powinowactwa aby uwięzić 1 atom wodu, gdy tymczasem siła atomu tlenu (16) wystarcza do uwięzienia 2 atomów wodu, siła atomu azotu (14) do uwięzienia 3, i wreszcie siła atomu węgla (12) do uwięzienia aż 4 atomów wodu.

A zatem środkowa kolumna naszej diagrammy przedstawia cztery pomienione pierwiastki w dwóch rozmaitych chemicznych stosunkach: dowiadujemy się naprzód jaki jest ciężar téj ilości każdego pierwiastku, która wchodzi w skład molekuly odpowiednich związków z wodem; a następnie ile atomów wodu ciężar téj ilości uwięzić jest w stanie. Z tych danych łatwo wyrachować jaki jest ciężar téj ilości każdego pierwiastku, która może uwięzić jeden atom wodu. Tym sposobem otrzymamy dwa szeregi minimalnych ciężarów: jedne minimalne w tworzeniu molekuł; drugie minimalne w sprzęganiu atomów. Pierwsze odpowiadają naturalnie znanym już nam ciężarom połączeniowym; drugie zaś ciężarom zastępczym.

Chlor, tlen, azot i węgiel różnią się między sobą pod względem własności sprzęgania atomów wodu, a wykazem téj różnicy jest liczba atomów wodu sprzęgających się z jednym atomem pomienionych pierwiastków. W następującej tablicy wypisaliśmy tedy minimalne ciężary służące do tworzenia molekuł i do sprzęgania atomów, czyli ciężary połączeniowe i zastępcze czterech naszych wzorowych pierwiastków.

Pierwiastki		Minimalne ciężary		Stosunek ciężarów połączeniowych do zastępczych
Nazwy	Symbole	Ciężary połączeniowe czyli atomowe	Ciężary zastępcze	
1.	2.	3.	4.	5.
Wód	H	1	1	$\frac{1}{1} = 1$
Chlor	Cl	35,5	35,5	$\frac{35,5}{35,5} = 1$
Tlen	O	16	8	$\frac{16}{8} = 2$
Azot	N	14	4,66	$\frac{14}{4,66} = 3$
Węgiel.	C	12	3	$\frac{12}{3} = 4$

Wartości liczebne wyznaczone w trzeciej kolumnie powyższej tablicy nie potrzebują zdaje się żadnego objaśnienia: są to bowiem ciężary tych ilości pierwiastków, które biorą udział w wytworzeniu molekuly. Wartości zaś wypisane w czwartej kolumnie są to znane nam ciężary zastępcze, które teraz możemy uważać jako ciężary równoważnych ilości pierwiastków pod względem sprzęgania atomów; czyli innymi słowy, są to ciężary tych ilości, według których pierwiastki mogą się nawzajem zastępować, kiedy idzie o to aby uwięzić 1 atom wodu. Wreszcie w piątej kolumnie podajemy stosunek ciężarów połączeniowych do zastępczych, — a o znaczeniu tego stosunku pomówimy wkrótce.

Ciężar atomowy węgla czyli ciężar najmniejszej jego ilości biorącej udział w wytworzeniu molekuly wynosi 12, gdy tymczasem ciężar zastępczy tego pierwiastku, to jest ciężar tej najmniejszej jego ilości, która może uwięzić 1 atom wodu czyli 1 normalny atom, wynosi 3. Owoż wiemy, że w molekuli gazu bagiennego atom węgla złączony jest ani mniej ani więcej tylko z 4 atomami wodu. Przypuszczając, że przyciąganie

rozpościera się równomiernie po całym atomie węgla, wnosić musimy, że do utrzymania w związku jednego atomu wodu potrzeba tylko czwartej części atomu węgla, jeżeli naturalnie o częściach, a więc o podzielności atomów mówić można. Jeżeli zaś nie można, natenczas substytuując w miejsce ciężaru atomowego ponownie ciężar połączeniowy, możemy już ze wszelkiem prawem powiedzieć, że do uwieżenia 1 kr. wodu potrzeba $\frac{12}{4} = 3$ kr. węgla.

To samo stosuje się i do azotu. Minimalny jego ciężar, biorący udział w wytworzeniu molekuly, wynosi 14, gdy tymczasem minimalny ciężar, utrzymujący w związku jeden atom wodu, wynosi $\frac{14}{3} = 4,66$.

Oba minimalne ciężary tlenu wynoszą respektywnie 16 i $\frac{16}{2} = 8$; gdy tymczasem w chlorze są sobie równe.

Powyżej, badając kwas chlorowodowy, wodę i amoniak, mieliśmy już sposobność przekonać się o różnicy istniejącej pomiędzy chlorem, tlenem i azotem w sprawie sprzęgania atomów wodu. Wówczas bowiem kiedyśmy wszystkie te trzy związki jednocześnie rozkładali pod wpływem elektrycznego prądu, widzieliśmy mianowicie, że podczas gdy u bieguna ujemnego we wszystkich trzech rurkach skupiała się jednakowa ilość wodu, istniała natomiast znaczna różnica pomiędzy objętościami gazów wywiązujących się u bieguna dodatniego. I tak np. w tej rurce gdzie był kwas chlorowodowy u obu biegunów wywiązała się jednakowa objętość gazów, w tej zaś gdzie była woda objętość gazu skupiającego się u bieguna dodatniego równała się zaledwie połowie objętości wodu, gdy wreszcie w trzeciej, gdzie się amoniak rozkładał, dorównywała tylko trzeciej części jego objętości. Żeby wywiązane objętości gazów wyrazić w całych liczbach, powiemy zatem, że na 6 obj. wodu, skupionych u bieguna ujemnego wszystkich trzech rurek, wywiązało się u bieguna dodatniego z kwasu chlorowodowego 6 objętości chloru, z wody 3 objętości tlenu, a z amoniaku 2 objętości azotu.

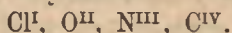
Skądinąd wiemy jednak, że w czterech gazowych pierwiastkach, o których tu mowa, ciężary atomowe są proporcjonalne do ciężarów objętościowych; możemy przeto powiedzieć, że dany prąd elektryczny działając na kwas chlorowodowy wyzwalał w nim 6 at. wodu i 6 at. chloru, działając na wodę wyzwalał 6 at. wodu i 3 at. tlenu, i wreszcie działając na amoniak wyzwalał 6 at. wodu i 2 at. azotu. Ten sam prąd, który był w stanie zniszczyć siłę łączącą 6 at. wodu z 6 at. chloru, mógł także przewyciężyć siłę wiążącą 6 at. wodu społem z 3 at. tlenu i z 2 at. azotu. Z czego wynika, że 6 at. chloru, 3 at. tlenu i 2 at. azotu mają tę samą siłę sprzęgania co 6 at. wodu; czyli że pod względem tej siły 1 at. chloru równa się 1 at. wodu, gdy tymczasem 1 at. tlenu równa się 2, a 1 at. azotu aż 3 at. wodu. A zatem gdybyśmy na mocy elektrolizy kwasu chlorowodowego, wody i amoniaku chcieli wyznaczyć ciężar tych ilości chloru, tlenu i azotu, które są sobie równe pod względem siły sprzęgania atomów wodu, doszlibyśmy do tych samych wartości, które wypisane są w czwartej kolumnie powyższej tablicy, a które wynoszą $\frac{35,5}{1} = 35,5$ dla chloru, $\frac{16}{2} = 8$ dla tlenu i wreszcie $\frac{14}{3} = 4,66$ dla azotu.

Powinniśmy przeto odróżniać dwa szeregi liczebnych wartości: pierwszy obejmujący to co przedtém nazywaliśmy ciężarami połączeniowymi, potem ciężarami atomowymi, a co wreszcie nazywamy minimalnymi ciężarami pierwiastków w tworzeniu molekuł; i drugi złożony z ciężarów zastępczych, czyli — jak to częściej nazywają w chemji — z ciężarów równoważnych albo z równoważników (ekwiwalentów), przedstawiających właściwie to, co my nazywamy minimalnymi ciężarami pierwiastków w sprzęganiu atomów.

Rzykowałibyśmy bardzo wiele i wpadlibyśmy niewątpliwie w odmęt przeróżnych zawikłań, gdybyśmy chcieli dla każdego z tych obu szeregów wartości wynaleźć odrębne symbole. Tymczasem to samo można załatwić w sposób daleko prostszy, zespalaając wszystko w jedne symbole, zaopatrzone w odpowiednie znaki. Na ten cel wystarczy do ciężarów atomowych

wypisanych w trzeciej kolumnie powyższej tablicy dodać współczynnik wyrażający siłę sprzęgania atomów, albo też dodać jakikolwiek znak, któryby wyrażał ile normalnych atomów atom danego pierwiastku uwięzić jest w stanie. Do tego właśnie służą ilorazy podane w piątej kolumnie naszej tablicy. Jeżeli więc je wypiszemy w rzymskich cyfrach jako wykładniki ciężarów atomowych, otrzymamy odrazu wykaz ile normalnych atomów ciężary te są w stanie uwięzić.

Ciężar atomowy chloru (35,5) będziemy tedy odtąd tak pisali: $35,5^I$, ciężar atomowy tlenu (16) napiszemy: 16^{II} , ciężar atomowy azotu (14) będzie 14^{III} , a ciężar atomowy węgla (12) będzie wreszcie 12^{IV} ; albo też te same wykładniki złączymy z symbolami ciężarów atomów i otrzymamy:



Zamiast cyfr rzymskich niektórzy chemicy wprowadzają zwykłe apostrofy, przecinki zamieszczane u góry. Zważywszy jednak, że trudniej je liczyć i że przez to można się nieraz mylić, wolimy zastosowywać rzymskie cyfry, zwłaszcza że i zwolennicy apostrofów, gdy liczba tych ostatnich przekracza trzy, uciekają się do pomienionych cyfr.

Brak nam wyrazu do nazwania siły pierwiastków w sprzęganiu atomów. Niektórzy nazywają to atomowością i dzielą pierwiastki na jednoatomowe, dwuatomowe, trzyatomowe i czteroatomowe, stosownie do tego, ażali ich atomy wiążą 1, 2, 3 czy też 4 normalne atomy. Atoli terminu tego niepodobna prawie używać z tego względu, że dać może powód do mnóstwa nieporozumień, zwłaszcza że ten sam wyraz daleko właściwiej stosuje się do nazwania atomistycznej budowy molekuł. Bacząc na tę ujemną stronę wyrazu „atomowość“ proponuję wprowadzenie wyrazu „wartościowość“ (Werthigkeit) albo jeszcze lepiej wyrazu „kwantiwalencja“. Rozróżnialibyśmy przeto pierwiastki jako jednowartościowe, dwuwartościowe, trójwartościowe i czterowartościowe (univalentne, bi- tri- i quadrivalentne) stosownie do tego ażali ich atomy wiążą 1, 2, 3 czy też 4 normalne atomy.

Pomieniona kwantiwalencja nadaje pewną właściwą cechę, odrębny charakter każdemu z tych czterech pierwiastków, i odzwierciedla te same cechy w innych pierwiastkach, przeto

dzieli je wszystkie na tyleż oddzielnych grup. Tym tedy sposobem nierówny stopień kwantiwalencji w pierwiastkowych atomach jest podstawą na doświadczeniu opartej klasyfikacji ciał prostych.

Obok jednowartościowego atomu chloru (Cl^{I}), staje brom i jod, których jednowartościowe atomy będziemy odtąd przedstawiali przez Br^{I} i I^{I} . Dwuwartościowy atom tlenu (O^{II}) jest wzorem dwuwartościowych atomów siarki (S^{II}) i selenu (Se^{II}). Trójwartościowy atom azotu (N^{III}) ma podobne do siebie trójwartościowe atomy fosforu (P^{III}) i arsenu (As^{III}). I wreszcie czterowartościowy atom węgla (C^{IV}) jest prototypem grupy czterowartościowych atomów krzemu (Si^{IV}) i cyny (Sn^{IV}).

W następującej tabelicy wypisujemy cztery grupy różnowartościowych pierwiastków, przyczem obok znanych już nam ciężarów atomowych i molekularnych zaznaczamy kwantiwalencją atomów.

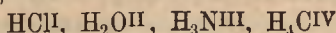
Tablica atomowych i molekularnych ciężarów rozmaitych pierwiastków wraz z wykładnikiem ich kwantiwalencji.

Nazwa pierwiastków	A t o m y		M o l e k u ł y	
	Symbole	Ciężary	Symbole	Ciężary
Wód	H	1	HH	2
Chlor	Cl^{I}	35,5	$\text{Cl}^{\text{I}}\text{Cl}^{\text{I}}$	71
Brom	Br^{I}	80	$\text{Br}^{\text{I}}\text{Br}^{\text{I}}$	160
Jod	I^{I}	127	$\text{I}^{\text{I}}\text{I}^{\text{I}}$	254
Tlen	O^{II}	16	$\text{O}^{\text{II}}\text{O}^{\text{II}}$	32
Siarka	S^{II}	32	$\text{S}^{\text{II}}\text{S}^{\text{II}}$	64
Selen	Se^{II}	79	$\text{Se}^{\text{II}}\text{Se}^{\text{II}}$	158
Azot	N^{III}	14	$\text{N}^{\text{III}}\text{N}^{\text{III}}$	28
Fosfor. . . .	P^{III}	31	$\text{P}^{\text{III}}\text{P}^{\text{III}}\text{P}^{\text{III}}$	124
Arsen. . . .	As^{III}	75	$\text{As}^{\text{III}}\text{As}^{\text{III}}\text{As}^{\text{III}}\text{As}^{\text{III}}$	300
Węgiel	C^{IV}	12		
Krzem	Si^{IV}	28,5		
Cyna	Sn^{IV}	118		

Stopień kwantivalencji pierwiastków, a stąd i przymiotniki jedno- dwu- trzy- i czterowartościowe zależą naturalnie od własności tego pierwiastku, którego używamy jako miarę do wyznaczania kwantivalencji innych elementów. Gdybyśmy zamiast wodu użyli tlenu, natenczas atom wodu ponieważ ma połowę tej siły sprzęgania atomów co tlen, byłby półwartościowym (semiwalentnym), natomiast atom azotu ponieważ ma półtora raza więcej niż tlen, byłby półtorawartościowym (sesquiwalentnym), a atom węgla, jako mający podwójną siłę, byłby dwuwartościowym. Jakkolwiek i z tą miarą snadno można byłoby oceniać względną kwantivalencję pierwiastków, jednakże zważywszy że w takim razie mielibyśmy do czynienia z ułamkami, co utrudniać może porównywanie, wolimy więc pozostać przy uprzedniej naszej jednostce miary. Zbytecznym zaś byłoby dodawać, że tę niewygodę, którą mielibyśmy gdybyśmy użyli tlenu za miarę porównawczą, spotęgowałoby się jeszcze bardziej gdybyśmy chcieli użyć azotu lub węgla. Przy tlenie w dwóch wypadkach otrzymywalibyśmy ułamkowe wykładniki, gdy tymczasem przy azocie i węglu powtarzałyby się to trzy razy, a tylko wykładnik pierwiastku użytego jako miara byłby liczbą całą. — Już sam ten powód wystarcza zupełnie do usprawiedliwienia nas za użycie wodu jako miary do wyznaczania kwantivalencji innych ciał; a cóż dopiero, kiedy zastanowimy się nad tém, że wszystkie inne własności tego pierwiastku, podnoszące go do godności wzoru dla ciał innych, czyniące zeń jakby ich normę, każą nam wszędzie i zawsze używać go jako jednostkę wszelkich naszych porównawczych studjów.

Kwantivalencja jakoteż wszystkie jej stopnie, wykazujące nam ile siły mają atomy każdego pierwiastku do sprzęgania normalnych atomów, wskazuje zarazem ile władzy mają one do wykonywania pewnej pracy. Pracą tą jest naturalnie przekształcenie wodu w ciała złożone. Owoż jeżeli atom chloru może w ten sposób przekształcić tylko 1 atom wodu, a atom tlenu, azotu lub węgla może stosunkowo 2, 3 i 4 atomy wodu, natenczas przecież możemy śmiało powiedzieć, że te ostatnie atomy są dwa, trzy i cztery razy energiczniejsze w pracy niż

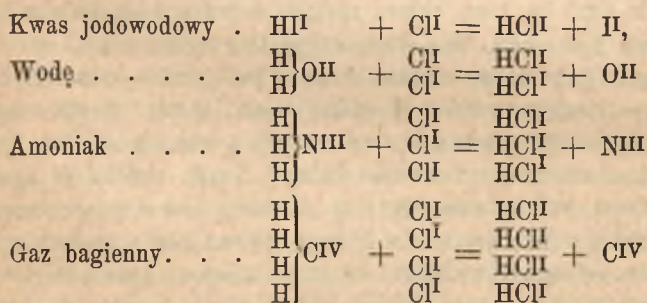
atom chloru. Pogląd ten nasz wyrazić możemy w następujących formułkach,



w których zdolność do pracy atomów czterech naszych wzorowych pierwiastków mierzymy wedle liczby atomów wodu, wrzęzonych w molekuły ciał złożonych.

Można jeszcze w inny sposób zbadać zdolność do pracy pomienionych atomów. Dość będzie wyznaczyć liczbę ich potrzebną do rozłożenia jakiegokolwiek związku i do wycieśnienia z niego którejś bądź z jego składowych części. Przypominamy sobie niewątpliwie jak rozkładaliśmy wodę, amoniak i gaz bagienny za pomocą chloru; wszystkie te trzy związki przekształciły się w kwas chlorowodowy, gdy tymczasem tlen, azot i węgiel wydalały się bądź w kształcie gazu, jak dwa pierwsze, bądź pod postacią sadzy, jak ostatni. Podobnie i kwas jodowodowy, o którym już kilkakrotnie wspominaliśmy, rozkłada się pod wpływem chloru, przyczém powstaje kwas chlorowodowy a wydala się jod. Rozkład tych czterech związków uzmysłowić sobie możemy za pomocą następujących równań, które umyślnie przedstawiamy w atomistycznym stylu.

Działanie chloru na:

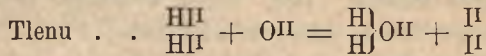
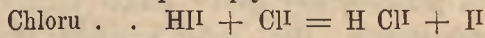


Aby jednowartościowy atom jodu wydalić ze związku, musimy zastąpić go jednowartościowym atomem chloru; aby zaś wydalić dwuwartościowy atom tlenu, trójwartościowy atom azotu i czterowartościowy atom węgla, musimy zastąpić je dwoma, trzema i wreszcie czterema atomami chloru.

Możemy także określić zdolność do pracy atomów jakiegokolwiek pierwiastku przez wyznaczenie liczby ich, wycieśnianej

ze związku przez atomy innych pierwiastków. I tak np. kwas jodowodowy rozkłada się nie tylko pod wpływem chloru ale i pod wpływem tlenu. Następujące równania uzmysławiają ten rozkład:

Rozkład kwasu jodowodowego
pod wpływem



Tutaj także jednowartościowy atom chloru zastępuje miejsce jednowartościowego atomu jodu, a dwuwartościowy atom tlenu wycieśnia dwa jednowartościowe atomy jodu; przeto atom tlenu wykonywa dwa razy więcej pracy niż atom chloru.

Rozważone tu przykłady rozkładu ciał złożonych, przedstawiają nam kwantyalencję atomów w innym zupełnie świetle. W skutek rozkładu kwasu jodowodowego pod wpływem chloru i tlenu, wód wstąpił w nowe związki i wspólnie z tymi pierwiastkami utworzył kwas chlorowodowy i wodę. Możemy przeto powiedzieć, że podczas rozkładu kwasu jodowodowego 1 atom chloru zajął miejsce 1 atomu jodu a 1 atom tlenu 2 atomów jodu czyli że 1 at. chloru zastąpił w pracy 1 at. jodu a 1 at. tlenu 2 at. jodu. W podobny sposób rozkład wody, amoniaku i gazu bagiennego uważać możemy jako proces w którym dwu- i czterowartościowe atomy tlenu, azotu i węgla ustąpiły miejsca czyli zastąpione zostały przez odpowiednią liczbę jednowartościowych atomów chloru. Z tego wynika, że zgodnie z naszą molekularną hipotezą formacją ciał złożonych uważać winniśmy jako proces, w którym pewna liczba atomów molekuli jednego pierwiastku zastępuje miejsce odpowiedniej liczby atomów w molekule innego pierwiastku. A zatem powstanie kwasu chlorowodowego, wody, amoniaku i gazu bagiennego uważać musimy jako prostą wymianę atomów między molekulami chloru, tlenu, azotu i węgla z jednej strony a molekulami wodu ze strony drugiej. W myśl tego przypuszczenia powiedzieć możemy, że aby powstał kwas chlorowodowy musi 1 at. wodu ustąpić miejsca 1 at. chloru w molekuli wodu; aby powstała woda musi 1 atom tlenu zastąpić miejsce 2 at. wodu

w 2 molekułach wodu; aby powstał amoniak musi 1 atom azotu zająć miejsce 3 atomów wodu w 3 molekułach wodu, i wreszcie aby powstał gaz bagienny musi 1 atom węgla zająć miejsce 4 at. wodu w 4 molekułach wodu.

Zresztą są to wszystko dobrze nam znane rzeczy, o których już tylokrotnie mówiliśmy, a które teraz przedstawiają się nam w nieco odmiennój, i dlatego to jakby w nowój formie. Albowiem jeżeli ciężar zastępczy chloru (35,5) równa się jego ciężarowi połączeniowemu i atomowemu; a ciężar zastępczy tlenu (8) jest połową jego ciężaru połączeniowego i atomowego; jeżeli dalej ciężar zastępczy azotu (4,66) jest $\frac{1}{3}$ jego ciężaru połączeniowego i atomowego, i jeżeli wreszcie ciężar zastępczy węgla (3) jest $\frac{1}{4}$ jego ciężaru połączeniowego i atomowego, — to to oznacza, że 1 cięż. połączeniowy czy téż atomowy chloru ma tę samą zdolność do pracy co 1 ciężar połączeniowy czyli atomowy wodu; następnie że 1 cięż. łącz. tlenu (równy 2 cięż. zast.) pod względem zdolności do pracy wyrównywa 2 cięż. łącz. wodu; dalej że 1 ciężar łącz. azotu (równy 3 cięż. zastępczym) równa się pod tym względem 3 ciężarom łącz. wodu; i wreszcie że 1 cięż. łącz. węgla (równy 4 cięż. zastęp.) ma tyle zdolności do pracy co 4 ciężary połączeniowe wodu.

A zatem miarą kwantyalencji pierwiastków jest liczba atomów wodu, którą ich atomy uwięzić są w stanie, albo którą w pracy zastąpić mogą. Zastępstwo to pierwiastków według wartości atomów należy bacznie odróżniać od zastępstwa według objętości. Jeżeli bowiem powstanie gazu bagiennego tłumaczymy w ten sposób, że w 4 molekułach wodu 1 atom węgla zajmuje miejsce 4 atomów wodu, to jednak przez to nie powinniśmy przypuszczać, że przestrzeń, którą przedtém wypełniały owe 4 atomy wodu, będzie teraz wypełnioną tym 1 atomem węgla, czyli mówiąc to samo innemi słowy, że po wstąpieniu 1 at. węgla na miejsce 4 at. wodu nie zmieni się objętość 4 molekuł wodu. Przeciż według naszej hipotezy o układzie materji molekuly pierwiastków są tak samo wielkie jak molekuly ciał złożonych; stąd wynika że objętość 4 molekuł wodu po wstąpieniu 1 atomu węgla w miejsce 4 atomów wodu musi się zmniejszyć do tego stopnia, że tylko $\frac{1}{4}$ część

Zmiana objętości wodu przy

Wód	Węgiel	Gaz bagienney	Azot	Amoniak
HH	CC	H ₄ C	NN	H ₃ N
HH	CC	H ₄ C	NN	H ₃ N
HH	CC	H ₄ C	NN	H ₃ N
HH		H ₄ C	NN	H ₃ N
HH		H ₄ C		H ₃ N
HH		H ₄ C		H ₃ N
HH				H ₃ N
HH				H ₃ N
HH				H ₃ N
HH				
HH				
HH				
HH				

pierwotnej objętości wynosić będzie. Podobna lubo nieco mniejsza zmiana objętości następuje, kiedy 1 trzywartościowy atom azotu wstępuje w miejsce 3 jednowartościowych atomów wodu lub kiedy 1 dwuwartościowy atom tlenu zajmuje miejsce 2 jednowartościowych atomów. Objętość nie zmienia się wtedy tylko kiedy równowartościowe atomy zastępują siebie nawzajem.

Warto nieco głębiej rozważyć tę zmianę objętości jaka nastaje wtedy kiedy atomy pierwiastków różnej kwantivalencji zastępują atomy wodu i wespół z nimi tworzą molekuly złożonych ciał. Powyższa diagramma (str. 228 i 229) przedstawia właśnie graficznie o ile się zmienia objętość, kiedy atomy wodu, łącząc się z atomami węgla, azotu, tlenu i chloru, tworzą gaz bagienny, amoniak, wodę i kwas chlorowodowy.

W pierwszej kolumnie powyższej diagrammy mamy 12 molekuł wodu, których objętość ma się dopiero zmienić; w drugiej kolumnie mamy naprzód atomy węgla (wyjątkowo zgrupowane w 3 molekuly) potrzebne do przekształcenia tych 12 molekuł wodu w gaz bagienny, i wreszcie 6 molekuł tego gazu; w trzeciej kolumnie odrysowane są 4 molekuly azotu niezbędne do utworzenia z daną ilością wodu 8 molekuł amoniaku; w czwartej 6 molekuł tlenu i 12 molekuł pary wodnej; i wreszcie w piątej 12 molekuł chloru, tworzących z 12 molekułami wodu 24 molekuly kwasu chlorowodowego.

Następnie diagramma ta wykazuje naocznie, że 24 litry wodu przy przejściu w gaz bagienny pomimo złączenia się z 6 litrami węgla zgęszczają się do objętości 12 litrów; przy przejściu zaś w amoniak, lubo łączą się z 8 litrami azotu, zgęszczają się jednak do objętości 16 litrów; zachowują natomiast swą objętość przy przejściu w parę wodną, ale za to pochłaniają 12 litrów tlenu; gdy tymczasem łącząc się z 24 litrami chloru rozszerzają się do objętości 48 litrów kwasu chlorowodowego.

Jeżeli można wyprowadzić ogólny wniosek o stosunku objętościowym ciał prostych do ciał złożonych na podstawie tych zmian objętościowych, jakich wód doznaje, łącząc się z węglem, azotem, tlenem i chlorem, natenczas otrzymalibyśmy następujący wykaz:

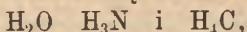
1 obj. jednowartościowego pierwiastku łącząc się z				
1 obj. jednowartościowego pierwiastku dostarcza 2 obj. związku				
$\frac{1}{2}$ " dwuwartościowego	"	"	1	"
$\frac{1}{3}$ " trzywartościowego	"	"	$\frac{2}{3}$	"
$\frac{1}{4}$ " (?) czterwartościowego	"	"	$\frac{1}{2}$	"

A zatem objętość ciała złożonego równa się podwójnej objętości pierwiastku wstępującego w związek z wodem.

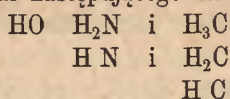
Jeżeli zaś objętość utworzonego związku przyrównywać mamy do sumy objętości składowych części, natenczas stosunek objętości złożonego ciała przy łączeniu się jednowartościowego pierwiastku z

Jednowartościowym	będzie	1
Dwuwartościowym	"	$\frac{2}{3}$
Trzywartościowym	"	$\frac{1}{2}$
Czterwartościowym	"	$\frac{2}{5}$ (?)

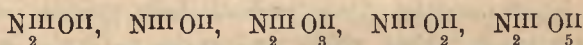
Rozumowania nasze nad kwantivalencją pierwiastków wyłożyły się z porównywania rozmaitej siły w atomach w sprzęganiu innych atomów. Owoż zachodzi teraz pytanie, ażali ta siła sprzęgająca atomy występuje zawsze na jaw i w całej pełni przy powstawaniu związków? Albo, formułując to pytanie inaczej, ażali jest to niezmienném prawem, że dwuwartościowy atom musi się łączyć z dwoma jednowartościowymi albo też z jednym dwuwartościowym atomem; że trójwartościowy musi się łączyć z trzema jednowartościowymi lub z jednym dwuwartościowym i jednym jednowartościowym atomem; lub wreszcie że czterwartościowy atom musi zawsze i wśród najrozmaitszych okoliczności sprzęgać się z czterema jednowartościowymi atomami, słowem z liczbą atomów, którychby kwantivalencja równała się jego własnej? Czy też przeciwnie istnieją związki, w których te wielowartościowe atomy sprzęgają się z mniejszą liczbą atomów, niż ta, którejby wymagała ich kwantivalencja? Słowem, — żeby uwidocznic rzecz naszą na przykładzie, nie wykraczając po za obręb znanych nam związków: — ażali atom tlenu, azotu lub węgla może się połączyć z mniejszą liczbą atomów wodu niż 2, 3 i 4? ażali zatem oprócz znanych nam związków



istnieją jeszcze związki następującego składu:



Owoż takich związków nie znamy dotychczas, a jeżeli zauważymy z jaką starannością badano związki pomienionych czterech pierwiastków, to prawdopodobieństwo wykrycia nowych kombinacyj jest bardzo małym. Wszelako nie redukuje się do zera, a to z tego względu, że jeszcze właśnie nie rozstrzygnęliśmy pytania zadanego przed chwilą, i dlatego także, że gdyby pierwiastki łączyły się tylko w takim stosunku jaki nakazuje kwantivalencja ich atomów, natenczas przecież między którymikolwiek bądź dwoma pierwiastkami byłby możebnym tylko jeden związek, co znów przeczy faktom, znanym nam dobrze w obrębie nawet szczupłego naszego doświadczenia na polu chemji. Wszak wiemy np. że azot tworzy z tlenem pięć rozmaitych związków. Wypisujemy je tutaj w szeregu, dodając do symbolów wykładniki kwantivalencji,



i przekonywamy się, że na pięć tylko jeden związek, mianowicie środkowy, odpowiada jój wymaganiom. Jest to jak wiemy kwas azotawy, w którym 2 atomy azotu, obdarzone siłą $2 \times \text{III} = \text{VI}$, złączone są z 3 atomami tlenu, posiadającymi również siłę $3 \times \text{II} = \text{VI}$. A zatem w tym jednym tylko związku kwantivalencja atomów azotu wyrównaną została przez kwantivalencję atomów tlenu; we wszystkich zaś innych wyrównania podobnego dopatrzeć niepodobna. I tak np. związek najuboższy w tlen, tlenek dwuazotu, ma wobec kwantivalencji atomów azotu $2 \times \text{III} = \text{VI}$ nieskończenie słabą kwantivalencją atomów tlenu (II); w tlenku azotu stosunek pierwszej kwantivalencji do drugiej jest jak 3 : 2. Natomiast w kwasie podazotowym i azotowym przeważa kwantivalencja tlenu: w pierwszym siła sprzęgająca atomów tlenu ($2 \times \text{II} = \text{IV}$) ma się do siły sprzęgającej atomów azotu (III) jak 4 : 3, w drugim zaś jak 10 i 6 ($5 \times \text{II} = \text{X}$ i $2 \times \text{III} = \text{VI}$). Związki, w których kwantivalencja atomów jednego pierwiastku równa się kwantivalencji atomów pierwiastku drugiego, można

uważać jako złożone równowartościowo, w przeciwstawieniu do takich związków, gdzie tego wyrównania nie ma i które przeto będą złożone nierównowartościowo. Kwas azotawy jest tedy jedynym związkiem tlenu z azotem, złożonym równowartościowo; natomiast tlenek dwuazotu i tlenek azotu jakoteż kwas podazotowy i kwas azotowy są związkami nierównowartościowego składu.

Jeżeli tylko jeden związek z pośród kilku utworzonych przez dwa pierwiastki może być równowartościowego składu, i jeżeli tylko w tym jednym zaspokojone są kwantyalencje atomów obu pierwiastków, wtedy spodziewać się możemy, że związek ten będzie się najczęściej wytwarzał w chwili zetknięcia się obu jego pierwiastków, i że utworzony, najmniej będzie pochopny do rozkładu. Nadto przypuszczać jeszcze mamy prawo, że inne związki tychże pierwiastków, jako niezaspokojone w swych atomowych dążnościach, okazywać muszą skłonność do przejścia w stan tamtego związku. Czy tak bywa w istocie, przekonamy się najlepiej rozpatrując jeszcze raz związki tlenu z azotem. Owoż nie da się zaprzeczyć, że pierwiastki te najśladniej się łączą w tym stosunku, jaki ma kwas azotawy. Jeżeli przez pewien czas przepuszczamy iskry elektryczne wśród powietrza (składającego się jak wiadomo z tlenu i z azotu) zawartego w szklanym balonie, to wkrótce balon wypełni się czerwoną parą, będącą właśnie kwasem azotawym. Atoli co się tyczy trwałości tego związku, wyznaczyć musimy, iż nie odpowiada on wcale pokładanym w nim oczekiwaniom: przecież do dzisiaj nie zdołano wyznaczyć jego ciężaru objętościowego, dlatego tylko, że się nadzwyczaj łatwo rozkłada. Za to inne związki tlenu z azotem chętnie się przekształcają w kwas azotawy, jak to wiemy z poprzednich już naszych doświadczeń. Przypominamy sobie niewątpliwie z jaką chciwością tlenek azotu (mający nadwyżkę $\text{III} - \text{II} = \text{I}$ po stronie azotu) pochłaniał tlen z powietrza i przekształcał się w kwas azotawy (str. 165); gdy tymczasem kwas azotowy (mający przewyżkę $\text{X} - \text{VI} = \text{IV}$ po stronie tlenu) pod wpływem ciepła oddawał tlen z łatwością rozmaitym metalom np. srebru. A zatem do pewnego stopnia w rozumowaniach naszych o prawdopodobnych własnościach ciał równowartościowego

i nierównowartościowego składu przewidzieliśmy rzeczywisty stan sprawy. Jednakże poznaliśmy i takie zjawiska, które się nie zdają licować z powyższymi rozumowaniami. Boć jeżeli to chciwe pochłanianie tlenu przez tlenek azotu tłumaczyliśmy przez to, że w związku tym jest nadmiar $\text{III} - \text{II} = \text{I}$ siły po stronie atomu azotu, natenczas przecież nadmiar jest jeszcze większy w tlenku dwuazotu, a mianowicie $2 \times \text{III} - \text{II} = \text{IV}$, a jednak ciało to nie okazuje najmniejszej dążności do pochłaniania tlenu i do przekształcania się w kwas azotawy. Więc jakże się to dzieje, że tlenek dwuazotu, w którego molekuły sprzężone są pierwiastki o tak nierównych siłach, jest mimo to tak trwałym, jeżeli nie najtrwałszym ze wszystkich związków tlenu z azotem?

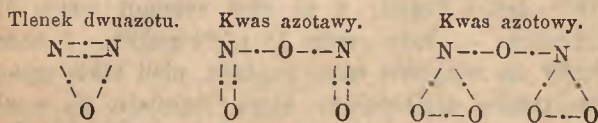
Odpowiedzi na to pytanie poczerpnięto z atomistycznej budowy molekuły tlenku dwuazotu. W molekuły, w której się kojarzą społem dwa atomy azotu z atomem tlenu, atomy azotu nietylko muszą się trzymać atomu tlenu, ale nadto muszą być z sobą nawzajem sprzężone, a stąd trwałość molekuły będzie tym większa im to sprzężenie będzie silniejsze. Przypuszczają więc, że w molekuły tlenku dwuazotu, II siły sprzęgające jednego atomu azotu wyrównane są II siłami sprzęgającymi drugiego atomu i że ta para atomów azotu mając do rozporządzenia tylko $\text{III} + \text{III} - \text{IV} = \text{II}$ siły sprzęgające, zaspokaja je, uczepiając się II sił sprzęgających atomu tlenu. W tak utworzonej molekuły wszystkie siły sprzęgające są zaspokojone czyli nasycone, a przeto i molekułę taką uważać możemy jako nasyconą albo zamkniętą.

Że molekuła kwasu azotawego jest również nasycona i zamknięta zbytecznym zdaje się byłoby dowodzić, mając to na względzie, że skład jej jest równowartościowy. Przypuścić zresztą możemy, że każdy z jej obu atomów azotu daje po jednej sile sprzęgającej jednemu z atomów tlenu; tym sposobem oba te atomy azotu łączą się ze sobą za pomocą w środek wtłoczonego atomu tlenu. Pozostające zaś do rozporządzenia II siły sprzęgające każdego z atomów azotu użyte są na zaspokojenie dwóch innych atomów tlenu.

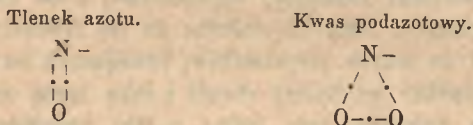
Również i molekuła kwasu azotowego jest nasycona, zamknięta. Tutaj także przypuścić możemy, że oba atomy

azotu spojone są przez atom tlenu. Pozostałe zaś II siły sprzęgające w każdym atomie azotu obrócone są na zaspokojenie częściowe aż czterech atomów tlenu, po dwa na każdy atom azotu. Nadto atomy tlenu są jeszcze parami ze sobą sprzężone.

Wszystko to możemy przedstawić sobie graficznie. Za pomocą kresek zaopatrzonych w punkta we środku, dla odróżnienia ich od znaku mniej (—), oznaczymy równowagę sił sprzęgających; za pomocą zaś znanych nam symbolów wyrazimy atomy pierwiastków. Otrzymamy tedy następującą diagramę.



Inaczej się rzeczy mają z tlenkiem azotu i z kwasem podazotowym. W molekuli każdego z tych związków atom azotu, mający III siły sprzęgające, znajduje się wobec II sił sprzęgających atomu tlenu w pierwszym związku, a dwóch atomów tlenu w związku drugim. Przeto w obu razach I siła sprzęgająca atomu azotu nie jest zaspokojona, a molekula nie jest nasycona, zamknięta. Okazuje to następująca diagrama:



Cóż dziwnego, że mając taki skład, tlenek azotu i kwas podazotowy dążą do przybrania tlenu. Skoro zaś go przybiorą, natychmiast dwie nienasycone molekuly tlenu azotu przekształcają się w nasyconą molekulę kwasu azotawego, a dwie nienasycone molekuly kwasu podazotowego w nasyconą molekulę kwasu azotowego.

Głębsze rozważanie opisanych tu zjawisk nie leży w zakresie naszego zadania; wystarczy to co wskazaliśmy w ogólnych zarysach, aby dać poznać jak nowoczesna chemja rozbiera

atomistyczną budowę molekuł ciał złożonych — i na mocy téj budowy jak tłumaczy rozmaite tychże własności.

Zamiast tedy iść dalej, lepiej zrobimy jeżeli zdamy sobie rachunek z tego wszystkiego cośmy dotychczas zbadali. Przedewszystkiém więc zauważyć musimy, że wszelkie nasze wyobrażenia o naturze pierwiastków, o stosunkach ciężaru i objętości w których się one łączą, i wreszcie o tkwiących w nich siłach molekularnych i atomistycznych, wyłoniły się z badania kilku ciał wzorowych i kilkunastu pokrewnych im elementów. Na czele stał wód, jako pierwiastek normalny, jako wspólna jednostka wszystkich naszych porównań; tuż za nim szedł chlor, tlen, azot i węgiel, a za nimi szczupły szereg kilku ciał zbliżonych, — tedy razem 16 pierwiastków. Z badania ich wyłoniły się wszystkie nasze poglądy, nimi także manipulując utworzyliśmy symbolistykę, która, rozwijając się w miarę coraz to nowszych potrzeb naszej umiejętności, nietylko była podporą naszych studjów, ale nadto dała nam możność w prostych i jasnych formułkach wyrazić to wszystko, co zdobyliśmy na mocy licznych prób i doświadczeń.

Atoli materiał, któryśmy mieli do rozporządzenia, został prawie zupełnie wyczerpany. Musimy przeto wyjść po za ciasny obręb dotychczasowych naszych badań, usiłując przekonać się ażali nasza metoda, nasza zasada klasyfikacyjna i nasz symboliczny systemat notacyjny, wypróbowany z tak dobrym skutkiem na znanych nam 16 ciałach, da się również dobrze zastosować i do innych pierwiastków, istniejących na naszej planecie. Jednakże gdybyśmy chcieli z taką samą sumiennością zbadać te nieznanne nam ciała, z jaką badaliśmy wzorowe pierwiastki, musielibyśmy rozpocząć szereg nowych doświadczeń, a tém samém przekroczylibyśmy zakres niniejszego dzieła.

Lepiej przeto będzie jeżeli, posługując się pracą innych, podamy tylko synoptyczny wykaz rezultatów, otrzymanych z badania tych ciał, dodając przytém dla porównania rezultaty naszych własnych studjów. Wykaz ten ułożyliśmy w dwóch następujących tablicach. W pierwszej tablicy wypisujemy nazwy wszystkich pierwiastków jakotóż ich ciężary atomowe. Nadto, do symbolów dodajemy wykładniki kwantivalencji, wykazujące,

że odnośne ciężary łączą się: respektywnie z 1, 2, 3 lub 4 at. wodu. Druga zaś tablica przedstawia pierwiastki badane w stanie lotnym, których przeto ciężar molekularny zdołano także wyznaczyć. W tablicy téj wypisujemy ciężar objętościowy i molekularny, jakoteż wyznaczamy graficznie objętość atomów i molekuł.

Nazwa pierwiastków	Symbol atomu z wykładnikiem kwantivalencji	Ciężar atomowy.
Wód (Pierwiastek normalny)	H	1
Antymon *)	Sb ^{III}	122
Arsen	As ^{III}	75
Azot	N ^{III}	14
Bar	Ba ^{II}	137
Beryl	Be ^{II}	9,3
Bor	B ^{III}	11
Bizmut	Bi ^{III}	208
Kadm	Cd ^{II}	112
Ces	Cs ^I	133
Cer	Ce ^{II}	92
Cynk	Zn ^{II}	65,2
Cyna	Sn ^{IV}	118
Chlor	Cl ^I	35,5
Chrom	Cr ^{III}	52,2
Didym	Di ^{II}	95
Erb	Er ^{II}	112,6
Fosfor	P ^{III}	31
Fluor	F ^I	19
Glin	Al ^{III}	27,5
Ind	In ^{II}	75,6 (?)
Jod	I ^I	127
Iryd	Ir ^{IV}	198
Kobalt	Co ^{II}	58,8
Krzem	Si ^{IV}	28
Lantan	La ^{II}	92
Lityn	Li ^I	7
Magn	Mg ^{II}	24
Mangan	Mn ^{II}	55
Miedź	Cu ^{II}	63,5
Molibden	Mo ^{VI}	96
Nikiel	Ni ^{II}	58,8




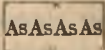


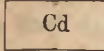







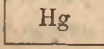











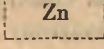



*) Według innych ciężar atomowy antymonu wynosi 120,6.

Nazwa pierwiastków	Symbol atomu z wykładnikiem kwantylencji	Ciężar atomowy.
Niob	Nb ^V	94
Ołów	Pb ^{II}	207
Osm	Os ^{IV}	199,2
Pallad.	Pd ^{II}	106,6
Platyna	Pt ^{IV}	197,4
Potas	KI	39
Rod	Rh ^{II}	104,4
Rteć	Hg ^{II}	200
Rubid.	Rb ^I	85,4
Ruten.	Ru ^{IV}	104,4
Selen *)	Se ^{II}	79
Siarka	S ^{II}	32
Srebro.	Ag ^I	108
Stront.	Sr ^{II}	87,5
Tantal	Ta ^V	182
Tal	Tl ^I	204
Tellur.	Te ^{II}	128
Titan	Ti ^{IV}	50
Tlen	O ^{II}	16
Tor	Th ^{IV}	231,5
Uran	U ^{II}	120
Wanad	V ^{III}	51,3
Wapń	Ca ^{II}	40
Węgiel	C ^{IV}	12
Wód	H ^I	1
Wolfram	W ^{IV}	184
Ytrium	Y ^{II}	61,7
Zirkon	Zr ^{IV}	89,6
Złoto	Au ^{III}	197
Zelazo.	Fe ^{II}	56

*) Według niektórych chemików ciężar atomowy selenu=79,4.

Nazwy	Objętości			A to	
	Ciężary	Symbole	Graficzne przedstawienie ciężaru objętościowego	Ciężary	
Wód (Normalny pierwiastek)	1	H	H	1	
Arsen	150	As	As	75	
Brom	80	Br	Br	80	
Kadm	56	Cd	Cd	112	
Chlor	35,5	Cl	Cl	35,5	
Jod	127	I	I	127	
Fosfor	62	P	P	31	
Rtęć	100	Hg	Hg	200	
Tlen	16	O	O	16	
Siarka	32	S	S	32	
Selen	79	Se	Se	79	
Azot	14	N	N	14	
Tellur	128	Te	Te	128	
Cynk *)	32,6 (?)	Zn	Zn	65,2	
Wód	1	H	H	1	

*) Według najnowszych doświadczeń St. Claire Deville'a i Troost'a, o których autor prywatnie się dowiedział, ciężar objętościowy pary cynkowej ma pono wynosić w przybliżeniu 33. W takim razie ciężar atomowy cynku byłby

m y		M o l e k u ł y.		
Symbole i wykładniki kwantywalencyjne	Graficzne przedstawienie objętości	Ciężary	Symbole	Graficzne przedstawienie objętości
H		2	HH	
As ^{III}		300	As As As As	
Br ^I		160	Br Br	
Cd ^{II}		112	Cd	
Cl ^I		71	ClCl	
I ^I		254	II	
P ^{III}		124	PPPP	
Hg ^I		200	Hg	
O ^{II}		32	OO	
S ^{II}		64	SS	
Se ^{II}		158	SeSe	
N ^{III}		28	NN	
Te ^{II}		256	TeTe	
Zn ^{II}		65,2	Zn	
H ^I		2	HH	

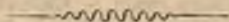
tym samym stosunku do jego ciężaru molekularnego, co ciężar atomowy rtęci i kadmu do ciężaru molekularnego tych ciał, — co zresztą było do przewidzenia.

Dość spojrzeć na ostatnią tablicę aby się przekonać jak mało jest pierwiastków, których ciężar molekularny został zbadany. Większa część elementów nie ulatnia się, inne zaś chociaż przechodzą w stan lotny, ale w tak wysokiej temperaturze, że wątpić musimy, abyśmy kiedykolwiek zdołali wyznaczyć ich ciężar molekularny, zwłaszcza, jeżeli będziemy zawsze trzymali się tej samej metody wyznaczania i jedynie ją uważali jako pod każdym względem właściwą. — Tablica ciężar atomowych przedstawia także wiele do życzenia. I tak np. w niektórych pierwiastkach podane cyfry uważać potrzeba jako przybliżone tylko, w innych zaś jako niepewne, albowiem chemicy do dzisiaj jeszcze są w niezgodzie co do zasady wyznaczania tego ciężaru. Badanie wszystkich tych specjalnych kwestyj, które przy wyznaczaniu ciężaru atomowego pierwiastków koniecznie potrącać by muszą, należy niezaprzeczenie do rzędu najbardziej zajmujących ustępów w dziejach rozwoju naszej umiejętności; zważywszy jednak, że wymaga dokładniejszej znajomości spraw dotyczących naszej nauki i oboznania się z większą liczbą pierwiastków, odłożonem przeto być musi do tego czasu, kiedy tak pod jednym jak i pod drugim względem uzupełnimy dotychczasowe niedostatki naszej wiedzy.

Nie podlega także wątpliwości, że i wykładniki kwantywalencji, przypisane do symbolów w powyższej tablicy, ulegną jeszcze rozmaitym zmianom w miarę postępu naszej umiejętności. Stosuje się to szczególnie do takich pierwiastków, które z innymi łączą się w rozmaitych stosunkach, i które przeto mają kilka rozmaitych ciężarów zastępczych. W takim razie zdania chemików są najczęściej bardzo podzielone, do tego stopnia, że niektórzy przypisują nawet atomom pierwiastków zmienną kwantywalencję, na wzór tego jak zmiennym może być ciężar zastępczy (str. 174).

Z powyższego widocznem jest, że nasz chemiczny systemat notacyjny nie jest jeszcze zupełnie wykończony. Wszelako nie da się zaprzeczyć, że nigdy może nie czyniono tyle usiłowań ku jednolitości, co w obecnej chwili, lubo na drodze do osiągnięcia tego celu wiele ważnych przeszkód stoi na zawadzie. Rozbierać je nie jest naszym zadaniem, ani też usuwać ich nie myślimy w tak szczupłym dziełku jak niniejsze.

Czas chyba i postęp umiejętności dokonać tego zdoła. Wszelako są pewne różnice w notacji, które doprawdy pora byłoby usunąć. A do takich należy np. to, co francuzcy i włoscy chemicy wprowadzili dla oznaczania azotu, a za nimi i niektórzy z naszych. Azot oznaczają oni przez *Az*, gdy tymczasem wszystkie narody przyjęły *N* (nitrogenium). Jest to wprawdzie zboczenie małoznaczne same przez się i nie wspominalibyśmy o niém gdyby nie to że uwłacza uniwersalności naszej symbolistyki. Miejmy jednak nadzieję, że i ono wkrótce zniknie, i wiele innych w ślad za niém, i że skoro raz przestaną istnieć oficjalnie, uważane już będą jako błędy przeciw gramatyce nowożytnej chemji!



XIII.

Połączenia wyższego rzędu, trzeciego, czwartego, piątego i t. d. — Warunki powstawania związków wyższego rzędu. — Zmniejszanie się lotności w związkach wyższego rzędu, jakoteż ich nietrwałość. — Przykłady związków trzeciego rzędu. — Chlorek amonu. — Powstanie jego w skutek złączenia się molekuł dwóch dwupierwiastkowych gazów. — Obojętne cechy tego związku. — Dissocjacja jego pary. — Związki trzeciego rzędu powstające w skutek rozkładu wody i amoniaku pod wpływem sodu. — Wymiana atomów wodu na atomy sodu. — Rozkład gazu bagiennego i pochodne stąd związki sodu. — Zasada substytucji. — Powstawanie substytucyjnych produktów z wody, z amoniaku i z gazu bagiennego pod wpływem chloru. — Przekształcanie związków drugiego rzędu w związki rzędu trzeciego w skutek przybrania atomów tlenu. — Tlenki chlorowodowe, siarkowodowe, fosforowodowe. — Alkohol metylowy. — Rekapitulacja i rzut oka na przebyta drogę.

Formułki i grafikę zastosowywaliśmy dotychczas wyłącznie do ciał prostych i do związków złożonych z dwóch pierwiastków. Zauważyć więc musimy, lubo to może zbyt czułe, że również dobrze zastosowują się one do związków wyższego rzędu, to jest do związków złożonych z trzech, czterech, pięciu, sześciu i t. d. pierwiastków, które przeto nazywać będziemy połączeniami rzędu trzeciego, czwartego, piątego, szóstego i t. d.

Umyślnie dotąd pomijaliśmy te wyższe związki, lubo w ciągu naszych studjów nasuwały się one nam kilkakrotnie pod rękę. Trzymaliśmy się bowiem téj zasady, że w badaniu

zjawisk którejkolwiek bądź kategorii kroczyć zawsze należy od najprostszych do coraz bardziej skomplikowanych. Owoż analiza ciał wyższego rzędu byłaby zrazu przedwczesną z tego właśnie względu, że ciała te jako bardziej skomplikowane nie przyczyniłyby się wcale do wykrycia praw rządzących chemicznymi przetworami materji, lubo zarazem obciążałyby niepotrzebnie naszą pamięć i utrudniałyby zrozumienie dostrzeganych zjawisk. Atoli teraz nadszedł już czas, kiedy się niemi zając możemy, i kiedy, bacząc na to że już wiele wiemy z dziedziny chemji, rozbiorem tych ciał zdołamy właśnie uzupełnić skarbiec naszej wiedzy.

Przystępując tedy do ich badania, winniśmy przede wszystkim zauważyć, że tworzenie się tych związków wyższego rzędu odbywa się pod wpływem tych samych praw i na skutek działania tych samych sił, co i powstawanie połączeń dwupierwiastkowych. Sprzęganiu się kilku elementów towarzyszą także zjawiska ciepła i światła; własności związków utworzonych różnią się zupełnie od własności składowych części; wreszcie stałość i niezmiennosc stosunków w ciężarze i w objętości łączących się pierwiastków zdradza działanie tych samych praw. Atomy sprzęgają się społem bądź w prostym, bądź w wielokrotnym stosunku swych ciężarów, przyczem zachowują swą właściwą kwantiwalencją. Jedyną przeto różnicą między związkami utworzonymi z dwóch pierwiastków, a połączeniami wyższego rzędu, jest to tylko, że w ostatnim razie większa liczba pierwiastków w skład związku wchodzi. Ma się rozumieć, że mówiąc to, nie mamy na myśli fizycznych własności, gdyż tutaj pewna różnica istnieje i istnienie jej dziwić nas wcale nie może, bacząc na to, jak wielka liczba atomów musi się składać na utworzenie molekuly tych połączeń, gdy tymczasem w molekułach znanych nam związków co najwięcej pół tuzina atomów sprzęgało się społem. Owoż w miarę nagromadzania się atomów w molekułach dostrzega się pospolicie mniejszą lotność utworzonych związków. Często bardzo tak skomplikowane molekuly nie istnieją wcale w stanie gazowym, bo albo nie ulatniają się zgoła, albo też pod wpływem ciepła rozpadają się na składowe części, lub na związki prostszej budowy. Stąd też i badanie takich nielotnych związków przedstawia

tysiączne trudności, o których mamy już niejakię pojęcie. Jeżeli więc są to ciała całkiem nielotne, natenczas w braku środków wyznaczenia ich ciężaru objętościowego, musimy ze stosunku ich do innych związków wnosić o wielkości ich molekuł. Jeżeli zaś są lotne, trzeba się mieć na baczności, aby nie popaść w błąd w wyznaczaniu ciężaru objętościowego, gdyż zdarzyć się może, że zamiast wyznaczenia ciężaru pary tego związku wyznaczmy ciężar lotnej mieszaniny gazów, które przecież w chwili wstępowania w związek zgęszczać się mogą.

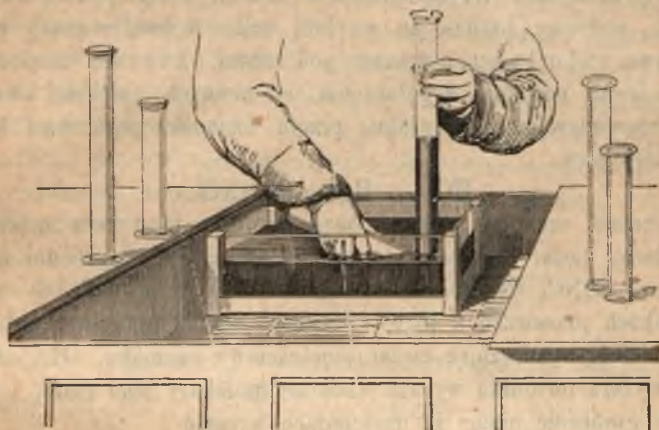
Jako pouczający przykład powstawania związków wyższego rzędu i zarazem jako ilustracja tych trudności, które napotykamy w badaniu ich z powodu, że się tak snadno rozkładają pod wpływem wyższej temperatury, posłużyć nam może ciało, które już parę razy napotykalismy w ciągu naszych badań. Wtedy mianowicie kiedy wpuszczalismy strumień chloru do wodnego roztworu amoniaku, żeby uwolnić azot; używalismy podówczas szerokiej rurki przewodniej, bo wąska byłaby się natychmiast zapchała przez białe ciało, powstające w skutek reakcji chloru na amoniak (str. 33). Później zaś kiedy badalismy objętościowy stosunek składowych części amoniaku za pomocą chloru, dostrzegliśmy na ścianach rurki takie same białe ciało, rozpuszczające się z łatwością w wodzie (str. 53). Otoż ciało to, którego przedtém nie badalismy zgoła, posłuży teraz do robioru obchodzącej nas sprawy.

Atoli aby studjować to ciało musimy przedewszystkiém mieć je w sporej ilości, — co znów nie jest rzeczą wcale tak trudną dla nas, którzy już tyle wprawy nabralismy w manipulowaniu przyrządami chemicznego laboratorium.

Dwa cylindry jednakowej wielkości wypełnilismy gazami w opisany już sposób: jeden suchym kwasem chlorowodowym, a drugi suchym amoniakiem. Trzeba teraz te gazy złączyć ze sobą; w tym celu przewracamy duży cylinder, znacznie większy od tamtych i wypełniony rtęcią, w wanience rtęciowej, a przewróciwszy, wpuszczamy do niego naprzód kwas chlorowodowy, a następnie potrosze amoniak (fig. 76). Każda bulka amoniaku, wznosząca się do cylindra, wytwarza wewnątrz niego gęsty biały obłok, który wkrótce osiada na ścianach w kształcie białych krystalicznych płatków śnieżnych. Przyczém

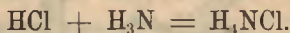
objętość gazów zamiast się zwiększać od dodania amoniaku, zmniejsza się coraz bardziej. Im więcej amoniaku wpuszczamy, tém wyżej podnosi się rtęć, aż wreszcie z ostatnią bulką amoniaku rtęć uderza o dno cylindra, w którym przeto gazów już nie ma, tylko rtęć i cienka warstwa białego ciała, wytworzonego z połączenia się obu gazów i wyścielającego ściany naczynia.

Fig. 76.



Ciało to musimy tedy uważać jako produkt z połączenia się r ó w n y c h objętości dwóch gazów: kwasu chlorowodowego i amoniaku. Żeby się przekonać że tak w istocie, powtórzymy jeszcze raz to doświadczenie, ale zmieniawszy nieco stosunek objętości. Duży cylinder wypełniamy ponownie rtęcią, a przewróciwszy go w wanience rtęciowej, wpuszczamy do niego naprzód kwas chlorowodowy w znacznej ilości, a następnie nieco mniej amoniaku. Gazy łączą się i teraz tak jak poprzednio, z tą jednak różnicą że obecnie pozostaje trochę gazu, który widocznie jest kwasem chlorowodowym, albowiem niebieski papier lakmusowy przekształca na czerwony. Doświadczenie jeszcze raz powtórzyć możemy zmieniając je o tyle, że tym razem wpuścimy więcej amoniaku niż kwasu chlorowodowego. Pozostały gaz będzie amoniakiem, gdyż czerwony lakmusowy papier przekształci ponownie w niebieski.

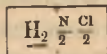
Białe ciało, wyścielające ściany cylindra, rozpuszcza się w wodzie również snadno jak jego składowe części; atoli pod względem innych własności różni się od nich zupełnie. Ani bowiem nie ma nieprzyjemnej woni amoniaku, ani też nie pobudza do kaszlu tak jak kwas chlorowodowy. Na papier lakmusowy nie oddziaływa zgoła: ani niebieski nie zmienia w czerwony, ani czerwonemu nie wraca niebieskiej barwy. Z dwóch przeto ciał, przeciwstawnych pod względem chemicznych własności, otrzymaliśmy neutralny, obojętny związek, podobny bardzo do zwykłej soli, w handlu znany pod nazwą salmiaku, a w nauce pod nazwą chlorku amonu. Ponieważ powstaje z połączenia się równych objętości kwasu chlorowodowego i amoniaku, przeto formułka jego musi być następująca:



Wszelako zachodzi pytanie ażali formułka ta wyraża molekularny ciężar salmiaku, to jest, ażali ciężar odpowiedni formułce H_4NCl wypełni w stanie lotnym i w normalnych warunkach przestrzeń 2 litrów? Starano się na pytanie to odpowiedzieć, wyznaczając ciężar objętościowy salmiaku. Bo jeżeli powyższa formułka wyraża wielkość molekuly tego ciała, i jeżeli graficznie mamy ją następująco wyrazić

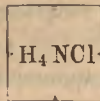


natenczas ciężar objętościowy pary salmiaku powinien wynosić $\frac{4 + 14 + 35,5}{2} = \frac{53,50}{2} = 26,75$. Tymczasem z doświadczeń otrzymano cyfrę 13,375. Ten tak niespodziewany zrazu rezultat wprawił wszystkich w zdumienie; to też starano się go rozmaicie tłumaczyć. Przypuszczano, że molekula salmiaku zawiera tylko połowę tego co wyraża formułka H_4NCl . Otrzymalibyśmy w takim razie graficzną diagrammę

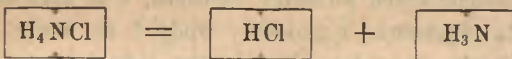


której przyjąć niepodobna, albowiem dzieli atomy azotu i chloru, które przecież nie są podzielne. Mniemać można byłoby, że

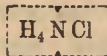
molekuła amoniaku posiada dwa razy tak wielką przestrzeń co molekuły innych gazów i że wyrazić się daje w następującej diagrammie:



Atoli to przeczy zasadniczej naszej hipotezie, że molekuły wszystkich ciał gazowych są jednakowo wielkie. Więc wreszcie można jeszcze przypuszczać, że molekuła salmiaku ogrzana rozpada się na swe składowe części i że te części składowe, gdy się oziębiają, ponownie łączą się, wytwarzając salmiak. Zatem podczas wyznaczania objętości, molekuła salmiaku (2 obj.) rozpadałaby się na molekułę kwasu chlorowodowego (2 obj.) i na molekułę amoniaku (2 obj.), i z dwóch objętości tworzyłyby cztery.



Owoż ciężar objętościowy takiej mieszaniny gazowej powinien wynosić $\frac{36,5 + 17}{4} = \frac{53,50}{4} = 13,375$, co właśnie potwierdziły doświadczenia. Wielu chemików chętnie wierzy w taki rozkład i w ponowne odtworzenie pierwotnego związku, a oba te procesy społem jednoczy pod nazwą dissociacji. Ujawnianie się takiej dissociacji starano się doświadczalnie udowodnić w sprawie salmiaku; wszelako próby robione w tym celu nie mają jeszcze przekonywającej siły, gwoli czego najlepiej postąpimy sobie, jeżeli hipotetyczną wartość molekuły salmiaku wyrazimy w kropkowanym czworoboku:



Oprócz salmiaku, napotykaliliśmy jeszcze inne związki również trzeciego rzędu w ciągu naszych studjów, ale ulatniające się dopiero w tak wysokiej temperaturze, że nawet nie czyniono dotąd żadnych usiłowań w celu wyznaczenia ich ciężaru objętościowego. O związkach tych wypada także nieco pomówić.

Przypominamy sobie niewątpliwie, że kiedy badaliśmy skład kwasu chlorowodowego, wody i amoniaku, używaliśmy sodu aby z tych trzech związków wyzwolić wód; później dowiedzieliśmy się, że sól w związkach tych zajął miejsce wodu i że tym sposobem powstały trzy nowe ciała: chlorek, niedokwas i azotek sodu. Nie zapomnieliśmy także i o tém, że atomy chloru, tlenu i azotu łączą się respektywnie z 1, 2 i 3 atomami wodu. Mając te dane, rozbierzemy teraz teoretycznie proces działania sodu.

Mówiliśmy już powyżej o powodach, gwoli których atom sodu uważamy jako jednowartościowy. Kiedy przeto sól, działając na molekułę kwasu chlorowodowego, wytłacza z niej wód i jego miejsce zajmuje, musi odrazu wyzwalać wszystkłą ilość wodu, w niej zawartą. Inaczej się dzieć musi w procesie rozkładu wody, której molekuła zawiera, jak wiemy, 2 at. wodu. Tutaj wywiązanie wodu odbywa się prawdopodobnie w dwóch kolejno następujących po sobie okresach, i to tak, że naprzód 1 at. sodu wycieśnia z molekuły wody 1 at. wodu, a następnie przybywa na pomoc drugi atom sodu i wycieśnia resztę wodu. To samo, tylko w 3 okresach, powtarzać się musi przy rozkładzie molekuły amoniaku, która zawiera 3 at. wodu: zrazu występuje jeden atom wodu, z kolei drugi i wreszcie trzeci pod wpływem działania po kolei przybywających atomów sodu.

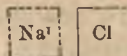
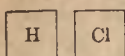
Kiedy robiliśmy te doświadczenia z sodem, interesował nas zrazu głównie wód; przeto téż wywiązywaniu się jego poświęciliśmy całą naszą uwagę; kiedy później ponownie rozważaliśmy te reakcje, zajmował nas znowu ich rezultat, owe połączenia sodu z chlorem, z tlenem i z azotem, powstające po zupełném wydaleniu wodu. Teraz dopiero dowiadujemy się, że przekształcenie wody i amoniaku w odpowiednie związki sodu nie odbywa się wprost, lecz przechodzi przez pewien okres chwilowego istnienia połączeń trzeciego rzędu.

W następującej diagrammie, przedstawiającej graficznie produkty wytworzone pod wpływem działania sodu na trzy wzorowe związki wodu, wtłoczyliśmy między wodą i amoniakiem a ostatecznymi rezultatami ich rozkładu owe pośrednie trzeciorzędne związki.

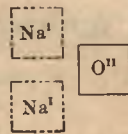
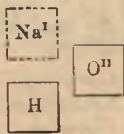
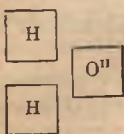
Rozkład kwasu chlorowodowego, wody i amoniaku
pod wpływem sodu.

Pierwotne związki drugiego rzędu.	Pośrednie związki trzeciego rzędu.	Ostateczne związki drugiego rzędu.
--------------------------------------	---------------------------------------	---------------------------------------

Kwas chlorowodowy

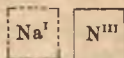
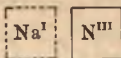
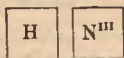
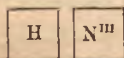


Woda



Amoniak

(hipotetyczne)



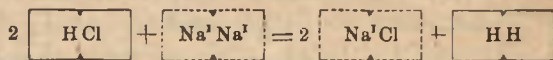
Między kwasem chlorowodowym a solą kuchenną nie ma żadnego związku trzeciego rzędu, albowiem kwas ten przekształca się w onę sól bez żadnego pośrednictwa.

Związek trzeciego rzędu, pośredniczący między wodą a niedokwasem sodu, składa się z 1 at. sodu, 1 at. wodu i 1 at. tlenu; możemy go przeto uważać jako wodę, w której połowę wodu zajął sól. Jest to ciało używane często w przemyśle i w rękodziełach, szczególnie do fabrykacji mydła, a znane pod nazwą sody gryzącej; chemicy zaś nazywają je wodnikiem sodowym. Ostateczny rezultat rozkładu wody jest niedokwas sodu, zawierający jeden tylko z elementów wody, lubo tę samą co i ona budowę. To wszystko co mówiliśmy tu o sodzie, stosuje się naturalnie, *mutatis mutandis*, i do działania potasu na wodę.

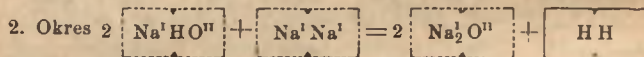
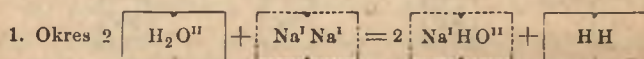
Podczas gdy z wody pod wpływem sodu powstają dwa pochodne związki sodowe, jeden trzeciego rzędu a drugi drugiego rzędu; z amoniaku wyłaniają się aż trzy takie związki, z których dwa pośrednie są trzeciego rzędu.

W następujących molekularnych równaniach przedstawiamy proces przekształcania się kwasu chlorowodowego, wody i amoniaku na skutek działania sodu; przyczem w sprawie dwóch ostatnich reakcyj unaczniamy rozmaite okresy tego przekształcania się w miarę coraz większego wywiązywania się wodu.

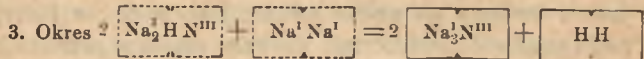
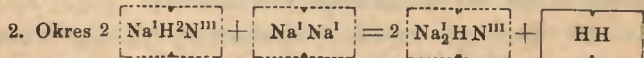
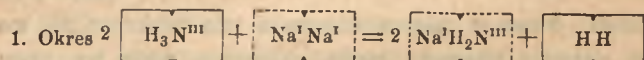
1. Wtlaczanie się sodu do molekuly kwasu chlorowodowego.



2. Postępowe wtlaczanie się sodu do molekuly wody.



3. Postępowe wtlaczanie się sodu do molekuly amoniaku.

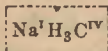


Równania te odsłaniają nam — że tak powiem — mechanizm tych reakcyj; widzimy z nich jak atomy metalu wstępują po kolei w związek zamiast atomów wodu, które uchodzą, żeby tamtym miejsca ustąpić.

Co się tyczy działania sodu na wodę i na amoniak, zauważyć musimy, że łatwość powstawania pochodnych związków

nie jest bynajmniej jednakową. Tak podczas rozkładu wody jak i amoniaku najsmadniej formują się związki trzeciego rzędu. Dopiero pod wpływem niezmiennego utrzymywania pewnych warunków tworzą się ostateczne, drugorzędne produkty. Jednak pośród pochodnych związków amoniaku znamy tylko pierwszy w stanie wolnym.

Bardzo mało zbadaliśmy dotychczas wpływ sodu na czwarty nasz wzorowy związek, na gaz bagieny. Na skutek bowiem działania tego metalu wytwarza się połączenie trzeciego rzędu, w którym 1 at. sodu zajmuje miejsce 1 at. wodu. Jest to niedostatecznie dotąd zbadane ciało, metylem sodu nazwane przez chemików, otrzymywane z trudem, a którego molekularny skład wyrazić możemy w następującej hipotetycznej formule:



Wspominamy tu o niem jedynie tylko dlatego, żeby dać poznać, iż możemy mieć nadzieję wykrycia z czasem sodowych derywatów gazu bagienego.

Podane tu przykłady dały nam poznać nową kategorię ciał, tak zwanych związków substytucyjnych to jest ciał tego rodzaju, które powstają w skutek wystąpienia jednego lub kilku atomów pierwiastkowej składowej części jakiegokolwiek związku, a wstąpienia natomiast odpowiedniej liczby atomów innego pierwiastku. Tym sposobem prawie niepostrzeżenie doszliśmy do wykrycia zasady, która, szczęśliwie zastosowana, stała się jedną z najpotężniejszych dźwigni postępu nowoczesnej chemji.

Zanim atoli pomówimy o téj zasadzie substytucji, nie zaszkodzi rozebrać jeszcze kilka uprzednich naszych doświadczeń w kierunku nakreślonym dopiero; w ten bowiem sposób poznamy parę nowych związków trzeciego rzędu i zarazem wócizymy się w odróżnianiu molekuł wymierzonych i zbadanych od pomysłanych, hipotetycznych.

Na początku naszych studjów mieliśmy już sposobność przekonać się jak wielkie jest powinowactwo chloru do wodu. Pod wpływem sprzyjających okoliczności chlor wydobywał wód z wody, z amoniaku i z gazu bagienego, łączył się z nim,

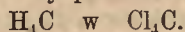
tworząc kwas chlorowodowy i wyswabdzając równocześnie tlen, azot i węgiel. Wtedy nie interesowało to nas zgoła, że przy zmienionych nieco warunkach byłby inny rezultat tych reakcyj i że przy powolnym działaniu chloru dostrzeżelibyśmy zjawiska napominające to, cośmy dopiero wykryli w oddziaływaniach sodu na pomienione wzorowe związki. Atoli teraz, gdy wiemy już o istnieniu zasady substytucji, możemy z innego stanowiska rozebrać pomienione reakcje. Wszelako, nie zapuszczając się w szczegóły, musimy na razie zauważyć, że przy odpowiednich warunkach działanie chloru na wodę, na amoniak i na gaz bagienny można w ten sposób pokierować, iż tlen, azot i węgiel, w chwili kiedy złączone z niemi wód przedzie w kwas chlorowodowy, zamiast wyzwalać się zupełnie, wejdą w związek z chlorem i złączą się właśnie z taką liczbą jego atomów, z jaką liczbą atomów wodu łączyły się przed chwilą. Chlor działając na wodę przekształca



działając na amoniak przekształca



a działając na gaz bagienny przekształca



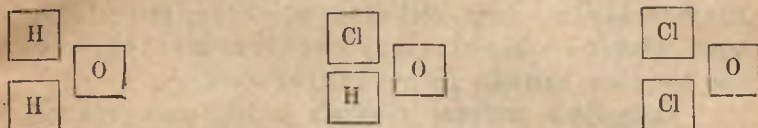
O związkach tych chloru z tlenem, z azotem i z węglem mówiliśmy już, lubo pobieżnie, wtedy mianowicie, kiedy rozbieraliśmy sprawę ciężaru połączeniowego pierwiastków (str. 122).

W następującej tablicy przedstawiamy graficznie wszystkie okresy rozkładu wody, amoniaku i gazu bagiennego pod wpływem chloru.

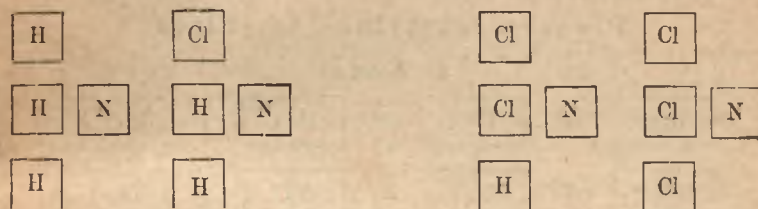
Rozkład wody, amoniaku i gazu bagiennego
pod wpływem chloru.

Pierwotne związki drugiego rzędu	Pośrednie związki (trzeciego rzędu)	Ostateczny produkt drugiego rzędu
-------------------------------------	--	--------------------------------------

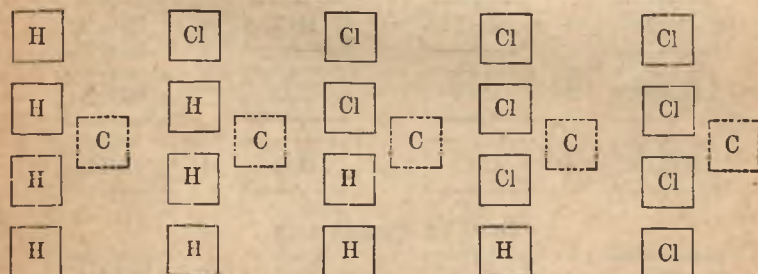
1. Woda.



2. Amoniak.



3. Gaz bagienny.



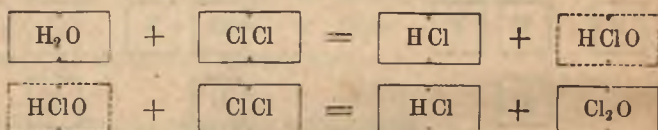
Między wodą a chlorkiem tlenu pośredniczy jeden tylko związek trzeciego rzędu; między amoniakiem a chlorkiem azotu istnieją dwa; między zaś gazem bagiennym a chlorkiem węgla pośredniczą aż trzy związki. Zauważyć musimy, że związków pośrednich w szeregu amoniaku nie znamy w stanie wolnym, głównie dlatego, że z nadzwyczajną łatwością wybuchają;

wszelako o istnieniu ich wątpić nie możemy. Wszystkie zaś inne związki wypisane w powyższej diagrammie są pospolicie znane tak pod względem własności jakoteż i składu. I tak np. związek pośredniczący między wodą a chlorkiem tlenu jest ciało znane w chemji pod nazwą tlenku chlorowodowego. Z pośród zaś trzech związków pośredniczących między gazem bagiennym a chlorkiem węgla pierwszy jest chlorkiem metylu, drugi chlorkiem chlorometylu, a trzeci właściwie chlorkiem dwuchlorometylu, chociaż pospolicie nazywają go chloroformem.

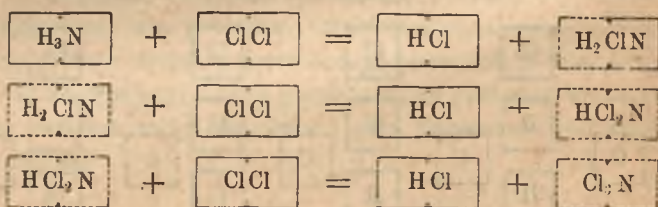
Następujące graficzne równania molekularne przedstawiają stopniowe formowanie się tych związków w szeregu prawdziwo postępujących po sobie procesów substytucji.

Procesy substytucyjne chloru.

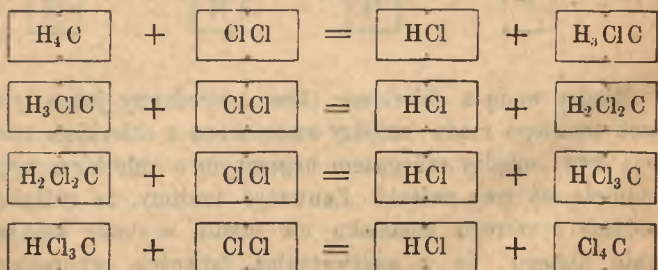
1. Woda.



2. Amoniak.



3. Gaz bagienny.



Powyższa diagramma nietylko uwidocznia powstawanie nowych ciał w skutek wymiany, atomu za atom, wodu za chlor, ale także daje nam do poznania rzecz bardzo ważną, że wszystkie produkty sformowane na drodze substytucji, zachowują niezmiennie tę samą budowę, którą się odznaczają pierwotne związki.

Niepodobna nam wdawać się w głębsze rozważanie procesów substytucji; brak nam materiału, aby zasadę substytucji poznać w całej pełni i aby ocenić całą jej umiejętną doniosłość. Wszelako z tego cośmy tu rozebrali, każdy poważnie myślący sam dopatrzeć może jak ważną dźwignią w postępie chemji jest owa zasada i jak wielką przynosi ona korzyść w sprawie segregowania chemicznych związków na działy naturalnych grup.

Z przytoczonych tu przykładów okazuje się, że molekula drugiego rzędu przekształcić się może w molekulę rzędu trzeciego bądź w skutek połączenia się z inną molekulą dwupierwiastkową, bądź téż w skutek przybrania jednego lub kilku atomów jakiegoś nowego pierwiastku, wstępujących w miejsce odpowiedniej liczby występujących atomów. W ostatnim razie suma sił kwantyalencyjnych występujących na jaw w molekuli w chwili wydalania się jednego lub kilku atomów, równać się powinna sumie jej sił zaspokojonych przez wstąpienie jednego lub kilku nowych atomów. Wprawdzie w przytoczonych tu przykładach substytuowaliśmy jednowartościowe atomy wodu przez również jednowartościowe atomy chloru i sodu; atoli reguła powyższa ma miejsce i wówczas, kiedy wydalające się atomy i atomy wstępujące są dwu- trzy- i czterowartościowe, jakotóż i wtedy kiedy jedne z nich należą do jednej grupy, a drugie do innej. — Wykrycie téj reguły jest jednem z największych odkryć nowoczesnej chemji, którego całe znaczenie wtedy się nam tylko odsłoni, kiedy bardziej się pogłębimy w badaniu chemicznych zjawisk.

Oprócz pomienionych dwóch sposobów przekształcania się molekuly dwupierwiastkowej w trójpierwiastkową istnieje jeszcze trzeci, polegający mianowicie na prostém przyłączeniu się jednego lub kilku atomów któregośkolwiek pierwiastku do molekuly złożonej z dwóch innych. W ten to sposób molekuly

wszystkich naszych wzorowych związków wodu, jakoteż wszystkich związków do tych podobnych, przyjmują atomy tlenu. Szczególnie własnością tą odznacza się kwas chlorowodowy. Molekuła jego (HCl) łączy się z 1, 2, 3 a nawet z 4 atomami tlenu, w skutek czego powstaje szereg związków, nader charakterystycznych, zwanych tlenkami chlorowodowymi; skład tych tlenków wyrażają następujące formuлки:

Tlenki chlorowodowe:



Pierwsza formułka wyraża tlenek chlorowodowy czyli kwas podchlorawy, druga kwas chlorawy, trzecia kwas chlorowy i wreszcie czwarta kwas nadchlorowy.

Co się tyczy formacji tych ciał, przypuścić musimy w myśl naszej hipotezy, opisaney powyżej (str. 234), że albo 1 at. tlenu, albo też para atomów lub wreszcie kompleks złożony z 3 i z 4 atomów, nie rozporządzający w każdym razie więcej jak dwiema siłami kwantivalencyjnemi, wtłacza się pomiędzy wód i chlor.

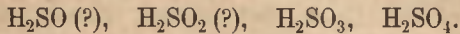
Kwas chlorowodowy	H---Cl
Kwas podchlorawy	H---O---Cl
Kwas chlorawy	H---O---O---Cl
Kwas chlorowy	H---O---O---O---Cl
Kwas nadchlorowy	H---O---O---O---O---Cl

Kwas bromowodowy i jodowodowy, zbudowane na wzór kwasu chlorowodowego, posiadają również własność przybienia atomów tlenu, wszelako w znacznie mniejszym stopniu.

Powinowactwa tego do tlenu nie są nawet pozbawione ciała należące do drugiej grupy naszych wzorowych połączeń wodu, lubo woda, stojąca na czele tej grupy, słabiej je uwydatnia, niż inne do tejże grupy należące związki. Z molekuly wody (H₂O) powstaje tylko jeden związek przez przybranie 1 at. tlenu, tak zwany nadniedokwas wodu (H₂OO), ciało bardzo nietrwałe, rozkładające się nawet w temperaturze zwykłej na wodę i tlen. Za to podobne do wody połączenia wodu z siarką i z selenem tworzą każde aż dwa nowe związki

przez przyłączenie 3 i 4 at. tlenu do molekuly kwasu selenowodowego i siarkowodowego. Być może, że z postępem chemji wykryjemy także związki z jednym i z dwoma atomami tlenu i że np. szereg połączeń siarki wyrazimy w następujących formułkach:

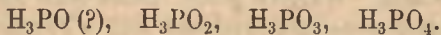
Tlenki siarkowodowe:



Pierwsze dwie formułki wyrażają hipotetyczne związki tego szeregu. Dwie zaś ostatnie przedstawiają nam molekularny skład dwóch nader ważnych ciał tak w praktyce jak i w teorii: kwasu siarkawego i kwasu siarkowego.

Rozważając w ten sam sposób trzecią grupę naszych wzorowych połączeń wodu, przekonywamy się, że ciała należące do niej posiadają w różnym stopniu powinowactwo do tlenu. I tak np. prototyp téj grupy, amoniak, udało nam się dopiero niedawno połączyć z tlenem, i to tylko w jednym stosunku. Mianowicie pokonawszy tysiączne trudności zdołano połączyć amoniak z jednym atomem tlenu w ciało (H_3NO) zwane wodnikiem amidowym. — Natomiast podobny do amoniaku fosforek trójwodu (H_3P) snadno się sprzęga z 2, 3 i z 4 atomami tlenu, tworząc związki pospolicie znane pod nazwą kwasu podfosforawego, kwasu fosforawego i kwasu fosforowego. Pozostaje przeto jeszcze wykryć jeden tylko związek fosforu trójwodu z tlenem, aby cały następujący szereg uzupełnić:

Tlenki fosforowodowe:



Nasza czwarta i ostatnia grupa wzorowych związków wodu, której prototypem jest gaz bagienny, dotąd okazała tylko jeden trójpierwiastkowy związek z tlenem. Jest to ciało powstające w skutek łączenia się 1 atomu tlenu z gazem bagiennym,



znane w chemji pod nazwą alkoholu metylowego, a w przemyśle pod nazwą wyskoku drzewnego. Nader cenne własności tego ciała jakoteż rozmaite przeobrażenia,

którym ono ulega, wynagradzają nam, i to obficie, brak innych związków tlenu z grupy gazu bagiennego. Albowiem alkohol metylowy jest prototypem jednej z najbogatszych kategorii chemicznych związków, a stojąc na ich czele, otwiera na rozcież podwoje najpiękniejszej dziedziny, jaką na rozległych obszarach chemji napotkać można.

Atoli doszliśmy już do punktu, w którym przynajmniej czasowo wspólną naszą podróż przerwać musimy. Dobiegliśmy bowiem granic naszego wstępu do studjów chemji i o ile się dało osiągnęliśmy cel, któryśmy sobie naprzód wytknęli. Zanim jednak rozstaniemy się ze sobą, przystoi nam wspólnie z wyżyny, na której teraz stoimy, obejrzeć się wstecz i przyrzec się drodze razem przebytej. Wypada jeszcze raz powtórzyć najważniejsze fakty, wykryte na mocy doświadczeń, i zweryfikować rozumowania i wnioski, które się z tych faktów wyłoniły, aby tém silniej i tém potężniej wypiętnować je w naszej pamięci.

Jako punkt wyjścia do badań naszych wybraliśmy wodę, której skład wykryliśmy zaraz za pomocą nader prostych a zarazem dość zajmujących doświadczeń. Widzieliśmy jak kulka potasu płonęła na powierzchni wody i jak równocześnie wydalał się gaz, wód, który także płonął. Okazało się niebawem, że gaz ten jest najlżejszém ciałem; wybraliśmy go przeto jako jednostkę do porównywania objętościowego ciężaru wszystkich ciał lotnych. Wkrótce potem udało nam się za pomocą również prostych sposobów wydobyć wód z dwóch innych ciał, z kwasu solnego i z amoniaku, które lubo mniej są pospolicie znane niż woda, wszelako także na wielką skalę zastosowywane bywają w przemyśle i w rękodziełach. Analiza tych trzech źródeł wodu odsłoniła nam trzy nowe gazy, chlor, tlen i azot, które łącząc się z osobna z wodem tworzą owe trzy ciała: kwas solny, wodę i amoniak.

Badając chlor, tlen i azot, przekonaliśmy się, że chlor jest jednym z najsilniejszych chemicznych czynników, że tlen jest niemniej energiczną przyczyną wszelkiego spalania się ciał

i że wreszcie azot, jako obdarzony w ogóle słabym powinowactwem, jest znakomitą antytezą dwóch tamtych ciał.

Analiza kwasu solnego, wody i amoniaku wykazała nam, że z jednej strony wód, a z drugiej chlor, tlen i azot są składowymi częściami tych trzech ciał; natomiast synteza jakoteż rezultaty bezpośredniego ważenia przekonały nas, że wód i chlor, wód i tlen, i wreszcie wód i azot są jedynymi składowymi częściami pomienionych trzech związków.

Rozważanie wszystkich tych faktów naprowadziło nas na myśl przeciwstawienia idei pierwiastku pojęciu związku, a wód, chlor, tlen i azot, jako wzory ciał pierwiastkowych, zaś kwas solny, woda i amoniak jako typy złożonych ciał czyli związków nabrały odtąd dla nas większego znaczenia, którego też nie postradały aż do samego końca.

W dalszym ciągu badania tych związków wykryliśmy w jakim stosunku pod względem objętości i ciężaru łączą się ich pierwiastkowe składowe części. Przekonaliśmy się mianowicie, że z daną jednostką objętości chloru, tlenu i azotu, albo też z ciężarami tych ciał, wyrażonymi przez 35,5, 16 i 14, łączy się wód tak pod względem objętości jak i ciężaru w stosunku 1 z pierwszym, 2 z drugim i 3 z trzecim gazem. Wykryliśmy następnie, że pomimo tej rozmaitej liczby objętościowych jednostek pierwiastków, sprzęgających się w celu utworzenia owych związków, objętość sformowanego już związku jest zawsze tą samą w stanie lotnym, to znaczy, że związek wypełnia w każdym przypadku przestrzeń 2 jednostek objętości, co znów świadczy, że zgęszczanie się pierwiastków w tych trzech związkach idzie w parze z liczbą łączących się jednostek objętości.

Zbadawszy skład kwasu chlorowodowego, wody i amoniaku, wykryliśmy wszystko co tylko dotyczyło tych ciał; atoli równocześnie dowiedzieliśmy się, że budowa ich uważana być może jako wzór, jako model budowy innych chemicznych związków, a że chlor, tlen i azot jako prototypy trzech grup elementów, mających podobne chemiczne własności.

W miarę zaś nagromadzania się faktów i doświadczeń uczuliśmy potrzebę wyrażenia zdobytej wiedzy w prostszej, jaśniejszej i zwięźlejszej formie, aniżeli na to mowa dozwala;

równocześnie wpadliśmy na myśl graficznego przedstawiania zjawisk. W tym celu wybraliśmy kwadraty do oznaczenia objętości gazów; w kwadraty te wpisywaliśmy początkowe litery nazwy pierwiastków, wyrażające symbolicznie ich ciężar objętościowy. Tym sposobem powstała symboliczna grafika. Grafikę tę w miarę postępu naszych studjów nie tylko wzbogacaliśmy ale i upraszczaliśmy równocześnie, bo odrzucaliśmy rzeczy takie, które, lubo nader były korzystne w celach pedagogicznych, utrudniały jednak manipulowanie znakami. Aby zaś tym umówionym znakom objętości i ciężaru nadać absolutne znaczenie, wybraliśmy pewien systemat miar i wag i zastosowaliśmy go do przyjętej przez nas jednostki ciężaru i objętości. Wybór nasz padł na najlepszy ze wszystkich systematów, na metryczny systemat francuski, który opisaliśmy szczegółowo, powodując się tą myślą, że podstawa tego systematu prawie wcale nie jest znaną w szerszych kołach publiczności. Z systematu tego wybraliśmy litr jako jednostkę do wyznaczania objętości ciał lotnych; trzymając się zaś zasady metrycznego systematu wybraliśmy sobie inną jednostkę do mierzenia ciężarów. Jedną z cennych zalet tego systematu jest to szczególnie, że jedną miarą mierzy równocześnie i ciężar i objętość; atoli jednostką tej miary jest gram, ciężar pewnej objętości wody. Owoż jednostka ta zastosowuje się doskonale do ciał stałych i ciekłych, nie nadaje się zaś do lotnych. Aby jednak zachować owo łatwe przejście od ciężaru do objętości i dla ciał lotnych, postanowiliśmy ciężar litru wodu uznać jako jednostkę do wyznaczania absolutnego ciężaru takiej samej objętości innych gazów. Ciężar litru wodu przy normalnych warunkach temperatury i ciśnienia (0,0896 grama) nazwaliśmy krytem i natychmiast wyraziliśmy w krytach ciężary normalnych litrów wszystkich innych gazów. Odkąd zaś wprowadziliśmy absolutne wartości w symbolistykę naszą, odtąd formułki nabrały praktycznego znaczenia i ułatwiły możliwość weryfikowania teoretycznych twierdzeń za pomocą praktycznych badań.

Do kwasu chlorowodowego, wody i amoniaku przyłączył się potem czwarty wzorowy związek wodu, gaz bagieny. Poznaliśmy w skutek tego węgiel, pierwiastek jeden z najważniejszych,

różny zupełnie od poprzednich. W dwóch objętościach, a właściwie w dwóch litrach pierwszych trzech związków, pierwiastki łączyły się z 1, 2 i wreszcie z 3 litrami wodu. W dwóch litrach gazu bagiennego węgiel łączy się z czterema litrami wodu.

Nadto węgiel był pierwszym przez nas wykrytym nielotnym pierwiastkiem, którego zatem ciężaru objętościowego nie znamy zgoła. Z tego też względu pierwiastek ten badaliśmy osobno, jakoteż osobno studjowaliśmy jego związek z wodem, ów gaz bagienny, który jest wzorem czwartej grupy ciał. Z tego także powodu, nie mogąc zastosowywać do węgla używanej przez nas dotąd metody symbolicznego wyznaczania, musieliśmy i dla niego i dla wszystkich ciał nielotnych szukać innej metody. Udało się nam tedy wyznaczyć ciężar tej ilości węgla, która jest zawartą w 2 litrach gazu bagiennego, — i ciężar ten nazwaliśmy ciężarem połączeniowym węgla. Tym sposobem rozszerzyliśmy chemiczną symbolistykę do tego stopnia, iż objęliśmy w nią wszystkie nielotne pierwiastki. W miejsce ciężarów objętościowych wystawiliśmy ciężary połączeniowe i do wyznaczania ich wzięliśmy się z całą gorliwością.

Atoli przekonaliśmy się niebawem, że tą metodą nie ogarniemy wszystkich elementów. Bo żeby wyznaczyć ciężar połączeniowy nielotnego pierwiastku, trzeba znać choć jeden jego lotny związek. Owoż są pierwiastki, które nietylko że same nie są lotne, ale nadto i lotnych związków nie tworzą. Wpadliśmy więc na myśl wyznaczania odtąd stosunku ciężarów, według których pierwiastki się łączą, co w kolei rzeczy zmusiło nas do badania ciężarów zastępczych.

Poznawszy wzorowe pierwiastki i wzorowe związki wodu, wypadało nam zająć się takimi pierwiastkami, których związki są zbudowane według owych typów. Przekonaliśmy się więc, że brom i jod są pierwiastkami podobnymi do chloru, a że kwas bromowodowy i jodowodowy są zbudowane na wzór kwasu chlorowodowego; następnie, że siarka i selen podobne są do tlenu, a że ich związki z wodem podobne są do wody; dalej że fosfor i arsen podobne są do azotu, a fosforek i arsenek trójwodu do amoniaku; i wreszcie że krzem i cyna

należą do grupy, której prototypem jest węgiel, a że związki tych ciał z wodem podobne są pod względem budowy do gazu bagiennego.

W tych czterech grupach wzorowych pierwiastków i wzorowych związków widzieliśmy zarodek naturalnej klasyfikacji ciał, nieco podobnej do klasyfikacji istot organicznych, złożonej jak i ta z pewnych grup, z których każda zachowując wszelką swobodę w indywidualnym formowaniu się pojedynczych związków, należących do jej kompleksu, odznacza się jednak pewnymi wybitnymi cechami, odróżniającymi ją od innych grup. Wykrycie tej klasyfikacji odsłoniło nam znaczenie i wewnętrzną treść naszej umiejętności. Poznaliśmy warunki, w których pierwiastki łączą się w związki, jakoteż cechy i znamiona odróżniające chemiczny związek od mechanicznej mieszaniny. Dowiedzieliśmy się, że pierwiastki w chwili wstępowania w związek tracą swe indywidualne własności, i nadto że łączą się w pewnych niezmiennych stosunkach tak pod względem ciężaru jak i objętości.

Podczas kiedy w ten sposób wykrywaliśmy prawa rządzące chemicznymi zjawiskami, nabieraliśmy równocześnie wprawę w wykonywaniu doświadczeń, zaznajomiliśmy się z budową chemicznych przyrządów, ćwiczyliśmy się w wywiązywaniu, suszeniu, zbieraniu i mierzeniu gazów, zwracając za każdym razem baczną uwagę na zmiany, jakim ulega objętość gazów pod wpływem temperatury i ciśnienia. Tak w analitycznych jak i w syntetycznych naszych doświadczeniach, uwzględniając chemiczne siły jakie tkwią w materji, nie pomijaliśmy nigdy wpływu elektryczności, światła i ciepła na odbywanie się chemicznych reakcyj. Rozbieraliśmy także, acz pobieżnie, korzyść, jaką rozmaite siły fizyczne, a szczególnie elektryczność, przynosi w studjowaniu chemicznych zjawisk.

Wszelako nie mogliśmy się wdawać w szczegółowy rozbiór pierwiastków i licznych ich związków; szczupły bowiem zakres, jakiśmy sobie zrazu zakreślili, powstrzymywał nas od badania szczegółów, a zmuszał natomiast do uwydatniania głównych fenomenów, niezbędnie potrzebnych do osiągnięcia zamierzonego przez nas celu.

Mając to na oku, nie zaznajomiliśmy się z nowymi pierwiastkami, ale za to usiłowaliśmy sumiennie wystudjować wzajemne na się oddziaływanie tych elementów, których stosunek do wodu wykryliśmy przedtém, a jako przykład, wybraliśmy stosunek tlenu do azotu. Badanie szeregu związków tlenu z azotem umożliwiło nam wykrycie nowych zjawisk. Przedtém bowiem widzieliśmy łączenie się pierwiastków tylko w jednym stosunku, teraz zaś dowiedzieliśmy się, że one się łączyć mogą w kilku stosunkach i że łączenie się to nie jest bynajmniej dowolném ale ściśle określoném tak pod względem ciężaru jak i objętości.

Doszedłszy do tego punktu uczuliśmy instynktowo potrzebę wyjaśnienia wszystkich tych zjawisk, wyprowadzenia ich z jakiejś ogólnej zasady. W nadziei, że nam się to udać może, opuściliśmy grunt doświadczeń, a przeszliśmy na pole spekulacji. I nie doznaliśmy pod tym względem zawodu, albowiem hipotetycznie zdołaliśmy sobie wyjaśnić przyczynę tych niezmiennych stosunków ciężaru i objętości, według których odbywają się reakcje chemiczne. Badając skład materji jakoteż przyczynę istnienia trzech stanów: stałego, ciekłego i lotnego, wpadliśmy na myśl przypuszczenia trojakięj jęj podzielności: molarnej, molekularnej i atomistycznej, opierając to przypuszczenie z jednej strony na zjawiskach ciepła, z drugiej zaś na własności ciał lotnych. Doświadczenia wykazały, że wszystkie gazy tak proste jak i złożone jednakowo zmieniają swą objętość pod wpływem tych samych zmian temperatury i ciśnienia, z czego wynika, że mają widocznie podobną budowę czyli że się składają z molekuł, których tyle samo być musi w równych objętościach, i które przeto muszą być jednakowej wielkości.

Z powodu przyjęcia molekularnej hipotezy, symbolistyka nasza przybrała zupełnie inne znaczenie. Kwadraty przestały odtąd wyrażać objętości i ciężary objętościowe, a stały się zmysłowym obrazem atomów i molekuł, za któremi fantazja nasza gonida w chwili gdy one w związki wstępowały, lub gdy z nich występowały. W formułkach tych unaocznialiśmy odtąd wszystkie rezultaty naszych badań nad wewnętrznym składem materji. Wyrażaliśmy w uich dwuatomową budowę molekuł

wzorowych pierwiastków, wieloatomową i nawet jednoatomową budowę molekuł innych elementów, rozmaitą kwantylalencją atomów, różnicę między jednowartościowymi, dwu- trzy- i czterowartościowymi atomami, stosunek ciężarów równoważnych do ciężarów atomowych, słowem wszystko co tylko dowiedzieliśmy się o własnościach najdrobniejszych cząstek materji.

Będąc w posiadaniu tak ważnych wniosków, wyprowadzonych z badania związków dwupierwiastkowych, odważyliśmy się wreszcie zbadać skład połączeń wyższego rzędu, złożonych z trzech, czterech i t. d. pierwiastków; i widzieliśmy jak te połączenia powstają bądź w skutek sprzęgania się dwóch dwupierwiastkowych molekuł, bądź też w skutek przyłączenia się jednego lub kilku atomów trzeciego pierwiastku do molekuły złożonej z dwóch, bądź w końcu w skutek wymiany atomów.

Nie mieliśmy wprawdzie czasu rozbierać szczegółowo własności tych związków wyższego rzędu, wszelako nie zaniedbaliśmy zwrócenia uwagi na to, że związki takie są mniej trwałe, że molekuły ich chętnie się rozkładają (pod wpływem np. ciepła) na molekuły prostszej konstrukcji, że nakoniec dostrzegamy w nich zjawiska chwilowego rozkładu i ponownego kojarzenia się, znane pospolicie pod nazwą „dissocjacji“.

W tym punkcie zatrzymaliśmy się, bo spostrzegliśmy, że jesteśmy u celu, któryśmy sobie zrazu wytknęli. Gdybyśmy chcieli iść dalej i mówiąc o alkoholu metylowym, nawiązali nic dalszych rozumowań i studjów, przekroczylibyśmy granice wyznaczone tytułem naszych wykładów. Musieliśmy więc koniecznie zatrzymać się. Atoli powstrzymawszy się, śmiemy siebie zapytać, ażali w tak szczupłych ramach ujęty wstęp do studjów chemji przynieść może jakąkolwiek korzyść? — Wiele dróg prowadzi do nieznanj krainy; z pomiędzy nich jedne są szerokie i równe, gdy drugie wąskie i niewygodne, po których kroczy się z mazołem lub nawet na manowce się zdąża. Nie chcąc błądzić, bierzemy sobie przewodnika i stawimy mu za warunek, aby nas poprowadził najkrótszą i najpewniejszą drogą, ale taką jednak, abyśmy mogli, idąc po niej, całą tę nieznaną krainę obejrzeć dokoła. W takim tylko razie przyrzekamy mu sowite wynadgrodenie. — Owoż zadajemy sobie pytanie, ażali niniejsze wykłady były tego rodzaju przewodnikiem i ażali

zasłużyły na obiecaną zapłatę? Na pytanie to nie my, ale czytelnik odpowiedzieć może. Jeżeli książka ta natchnęła go myślą głębszego badania zjawisk chemicznych, jeżeli zdobyta w niej wiedza przekonała go, iż krocząc tą drogą, wykrywać będzie przyrodnicze prawa, jeżeli wreszcie w umiejętności naszej oprócz rzeczy korzystnych dopatrył i piękne, natenczas cel naszej wspólnej wędrówki został osiągnięty, przewodnik spełnił należycie swoje zadanie i w dalszej pracy czytelnika otrzyma wynadgrodenie.



SPIS RZECZY.

I.

Stronica

Woda — rozkład jej za pomocą potasu i sodu — wywiązujący się wód. — Główne własności wodu — jego objętościowy ciężar. — Inne źródła wodu. — Kwas chlorowodowy (kwas solny) i amoniak — zagęszczone w wodzie — wywiązane jako gazy. — Osuszanie gazów. — Główne własności kwasu chlorowodowego i amoniaku. — Rozkład ich za pomocą potasu i sodu. — Oddzielenie wodu. — Przyrządy chemiczne. — Zwyczajny sposób otrzymywania wodu. 1

II.

Oddziaływanie prądu elektrycznego na kwas solny, wodę i amoniak. — Elektroliza kwasu solnego. — Wywiązanie się wodu i chloru razem. — Oddzielenie chloru. — Ważniejsze własności chloru. — Ponowne utworzenie kwasu solnego z wodu i chloru, — stąd nazwa: kwas chlorowodowy. — Analiza i synteza. — Elektroliza wody. — Wywiązanie się wodu i tlenu. — Oddzielenie tlenu. — Ważniejsze jego własności. — Wydzielenie tlenu z wody za pomocą chloru. —

Ponowne utworzenie wody z wodu i tlenu. — Elektroliza amoniaku. — Wywiązywanie się wodu i azotu. — Oddzielenie azotu. — Ważniejsze własności azotu. — Wydzielenie azotu z amoniaku za pomocą chloru. — Niemożebność odtworzenia amoniaku ze składających go pierwiastków. — Dowód uboczny, iż amoniak składa się jeno z wodu i azotu. —
Ciała pierwiastkowe i złożone. — Tablica pierwiastków . . .

III.

Ciała złożone. — Stosunek objętościowy i zgęszczenie składowych części, uwidocznione na mocy objętościowej analizy kwasu chlorowodowego, wody i amoniaku. — Chemiczny związek a mechaniczna mieszanina. — Rozkład kwasu chlorowodowego pod wpływem amalgamu sodu. — Rozdział elektrolicznie wywiązanych składowych części kwasu chlorowodowego przez jodek potasu. — Ponowne ich złączenie pod wpływem światła. — 2 objętości kwasu chlorowodowego zawierają 1 objętość wodu i 1 objętość chloru. — Rozdział składowych części wody za pomocą elektrolizy. — Ponowne ich złączenie pod wpływem elektrycznej iskry. — 2 objętości pary wodnej zawierają 2 objętości wodu i 1 objętość tlenu. — Rozkład amoniaku przez działanie chloru. — Oznaczenie objętości azotu za pomocą objętości chloru. — Rozkład amoniaku pod wpływem prądu elektrycznego. — 2 objętości amoniaku zawierają 3 objętości wodu i 1 objętość azotu. — Jednoczesny rozkład kwasu chlorowodowego, wody i amoniaku pod wpływem prądu elektrycznego. — Mieszanina a związek składowych części kwasu chlorowodowego i wody. — Stałość i niezmiennosc stosunku pierwiastków w związkach chemicznych. — Różnica między własnościami związków chemicznych a własnościami składających je pierwiastków. — Warunki przekształcania mechanicznej mieszaniny w chemiczny związek.

III.

IV.

Stronica

Chemiczne symbole. — Ich znaczenie. — Symbole graficzne. — Symbole z liter i symbole z liczb. — Porównanie jednych z drugimi. — Potrzeba nadania symbolom i formułkom absolutnej wartości tak pod względem objętości jak i ciężaru. — Wybór systemu miar i wag dla wyrażenia jednostki téj absolutnej wartości. — Trudność wyboru. — Systemat metryczny. — Powody dla których dajemy mu pierwszeństwo. — Porównanie tego systematu z miarami i wagami Pruskiemi i Austrjackiemi. — Ciężar litru wodu czyli K r y t. — Ciężar gatunkowy pierwiastków i związków wyrażony w k r y t a c h oznacza absolutny ciężar litru gazu przy temperaturze 0°C. i przy ciśnieniu barometrycznym 0^m,76

69

V.

Kwas chlorowodowy, woda i amoniak jako typy czyli wzory związków chemicznych. — Brom i jod, pierwiastki podobne do chloru. — Kwas bromowodowy i jodowodowy. — Formułki tych kwasów ułożone według wzoru kwasu chlorowodowego. — Siarka i selen, pierwiastki podobne do tlenu. — Kwas siarkowodowy i selenowodowy. — Formułki ich ułożone według wzoru wody. — Fosfor i arsen, pierwiastki podobne do azotu. — Fosforek trójwodu i arsenek trójwodu. — Porównanie tych związków z amoniakiem. — Znaczenie symbolów i formułek chemicznych. — Klasyfikacyjna ich rola. — Unaocnienie procesów chemicznych za pomocą formułek. — Chemiczne równania. — Przekształcenie chemicznych równań w równania wyrażające ciężar i objętość.

87

IV.

VI.

Stronica

Metoda wolumetryczna i ponderalna.— Węgiel, pierwiastek niedający się ulotnić. — Związek jego z wodem; gaz bagienny jako czwarte wzorowe połączenie. — Charakterystyczne własności gazu bagiennego.—Rozbiór jakościowy.— Rozkład gazu bagiennego pod wpływem chloru. — Rozkład jego pod wpływem ciepła. — Niemożebność wykonania syntezy gazu bagiennego. — Formułka jego. — Ciężar połączeniowy węgla.— Krzem, pierwiastek podobny do węgla.— Połączenie krzemu z wodem, krzemek wodu.— Zbudowanie tego związku według wzoru gazu bagiennego.— Ciężar połączeniowy krzemu.— Tyt i cyna, pierwiastki podobne do węgla. — Porównanie ciężaru połączeniowego z ciężarem objętościowym.— Ciężar połączeniowy fosforu i arsenu.— Wprowadzenie ciężaru połączeniowego zamiast ciężaru objętościowego do chemicznej symbolistyki.

101

VII.

Dalszy rozwój chemicznej symbolistyki.— Oznaczenie ciężaru połączeniowego ciał przez badanie chlorków.— Chlorek tlenu i podobieństwo jego do wody. — Chlorek fosforu i arsenu, i podobieństwo ich do fosforu i arsenku trójwodu. — Chlorek węgla i krzemu, i podobieństwo ich do gazu bagiennego i do krzemku wodu.— Wyznaczenie ciężaru połączeniowego rtęci, bizmutu i cyny. — Ciężar połączeniowy wodu.— Bromki i jodki; porównanie ich z odpowiednimi chlorkami.— Wiele związków bromu i jodu nie daje się przekształcić w stan lotny.— Zastosowanie prawa wyprowadzonego z badania ciał lotnych do badania ciał stałych. — Związki tlenu i siarki. — Przejście od metody wolumetrycznej do ponderalnej.

120

VIII.

Stronica

Rozmaite metody badania chemicznych zjawisk. — Zstepowanie od ogółu do szczególu i wstepowanie od szczególu do ogółu. — Dodatknie i ujemne strony ostatniej metody. — Pojecie cięzaru połączeniowego. — Rozszerzenie tego pojęcia. — Sposoby wyznaczania cięzaru połączeniowego takich pierwiastków, które tworzą lotne związki. — Prawdopodobny cięzar połączeniowy fluoru. — Niemożliwość wyznaczenia cięzaru połączeniowego takich pierwiastków, które nie tworzą lotnych związków. — Pojecie cięzaru zastępczego. — Oznaczenie cięzaru zastępczego sodu i potasu z badania ich związków z tlenem, chlorem i azotem. — Wyjaśnienie za pomocą chemicznych równań działania sodu i potasu na wodę, na kwas chlorowodowy i na amoniak. — Stosunek cięzaru zastępczego do cięzaru połączeniowego. — Pomoc fizyki w wyznaczaniu cięzaru połączeniowego. — Ciepło gatunkowe pierwiastków. — Oznaczenie ciepła gatunkowego sodu i potasu, rtęci, bizmutu i cyny, i wreszcie srebra, ołowiu, złota i platyny, — a stąd wnioski o cięzarze połączeniowym tych pierwiastków. — Krystaliczne formy związków 139

IX.

Azot i tlen. — Kwas azotowy. — Bezwodnik tego kwasu. — Skład azotowego kwasu. — Jego rozkład pod wpływem ciepła i pod wpływem metali. — Cyna i powstanie kwasu podazotowego. — Srebro i powstanie kwasu azotawego. — Miedź i powstanie tlenku azotu. — Cynk i powstanie tlenku dwuazotu. — Cechy tych produktów. — Dowody na poparcie twierdzenia, że są one chemicznymi związkami

VI.

Stronica

a nie mechaniczną mieszaniną. — Rozszerzenie pojęcia chemicznego związku. — Łączenie się dwóch pierwiastków w rozmaitych stosunkach. — Formuły związków tlenu z azotem. — Stosunek objętości związków do objętości składowych części. — Pierwiastki łączące się ze sobą w rozmaitych stosunkach, mają rozmaite ciężary zastępcze. — Ciężar zastępczy azotu. — Główne i podrzędne ciężary zastępcze pierwiastków

161

X.

Spekulacyjne ocenienie chemicznych zjawisk. — Hipoteza i teoria. — Stany materji. — Stan stały, ciekły i lotny. — Układ materji. — Mole i molekuly. — Molarna i molekularna podzielność materji. — Molekularne przyciąganie i odpychanie. — Molarny jako realny podział materji, molekularny jako idealny jej podział. — Badanie zjawisk ciepła uzasadnia molekularną hipotezę. — Wpływ ciepła na ciała. — Ciepło utajone. — Niejednakowa rozszerzalność ciał stałych i ciekłych. — Jednakowa rozszerzalność ciał lotnych. — Doświadczenie z rozszerzalnością gazów pod wpływem zmian temperatury i ciśnienia. — Granica podzielności materji. — Tożsamość molekularnej budowy gazów pierwiastkowych i złożonych. — Molekuly pierwiastków jakoteż i związków złożone są z atomów. — Molarny, molekularny i atomistyczny układ materji.

177

XI.

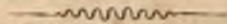
Zastosowanie chemicznej symbolistyki do molekularnej hipotezy. — Symbolistyczne przedstawienie pierwiastkowych i złożonych molekuł. — Powstanie tak jednych jak i drugich molekuł w skutek koja-

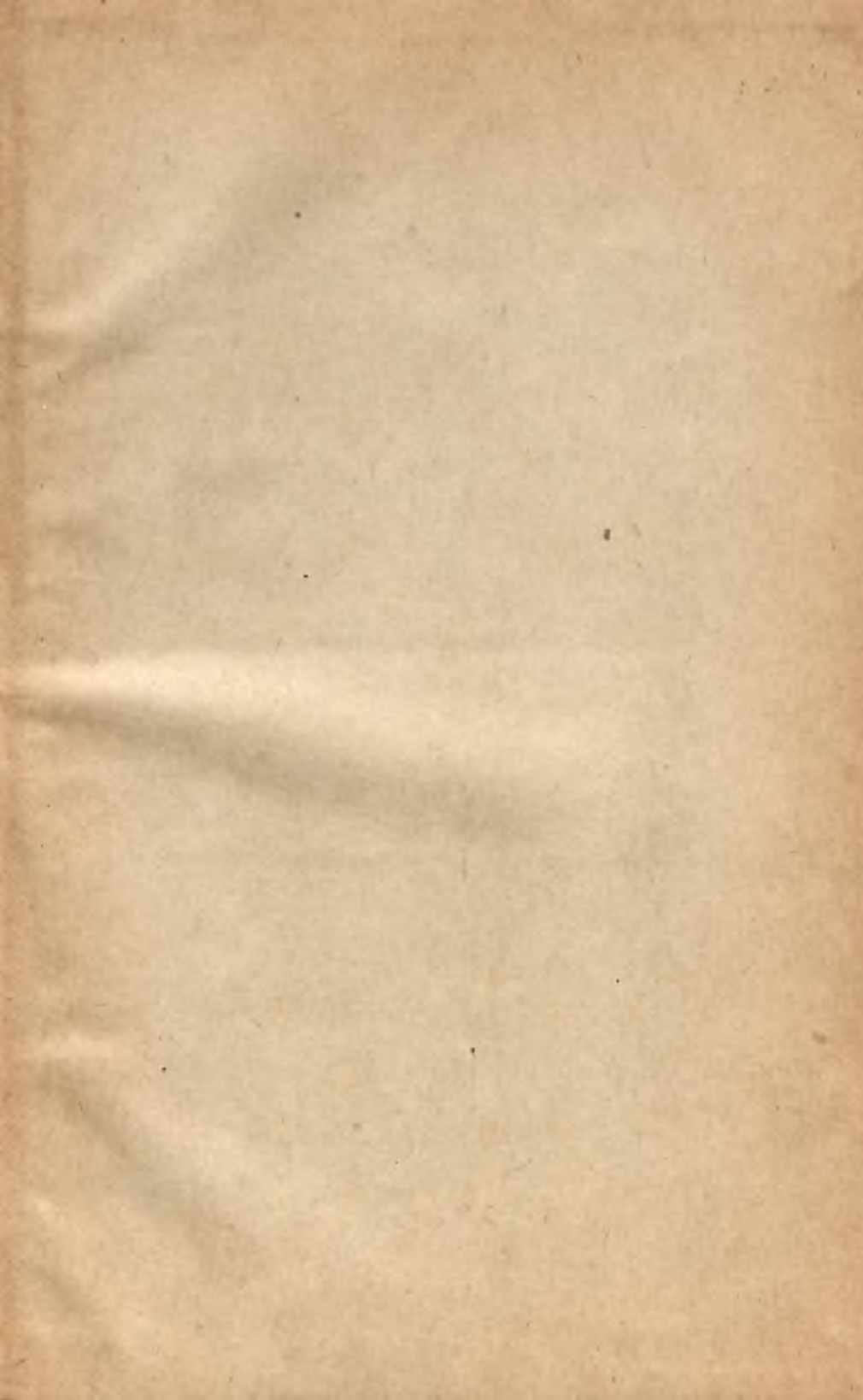
rzenia się atomów. — Dwuatomowe, czteroatomowe i jednoatomowe molekuly pierwiastków. — Stosunek ciężaru objętościowego pierwiastków do atomowości molekuli. — Przykłady rozmaitej atomistycznej budowy molekuli. — Graficzne przedstawienie pierwiastkowych i złożonych molekuli. — Stosunek ciężaru atomowego do molekularnego. — Hipotetyczny ciężar molekularny ciał nielotnych. — Wpływ hipotezy molekularnej na układ chemicznych równań. — Styl atomistyczny i molekularny. — Chemiczne zjawiska rozważane ze stanowiska molekularnej hipotezy 194

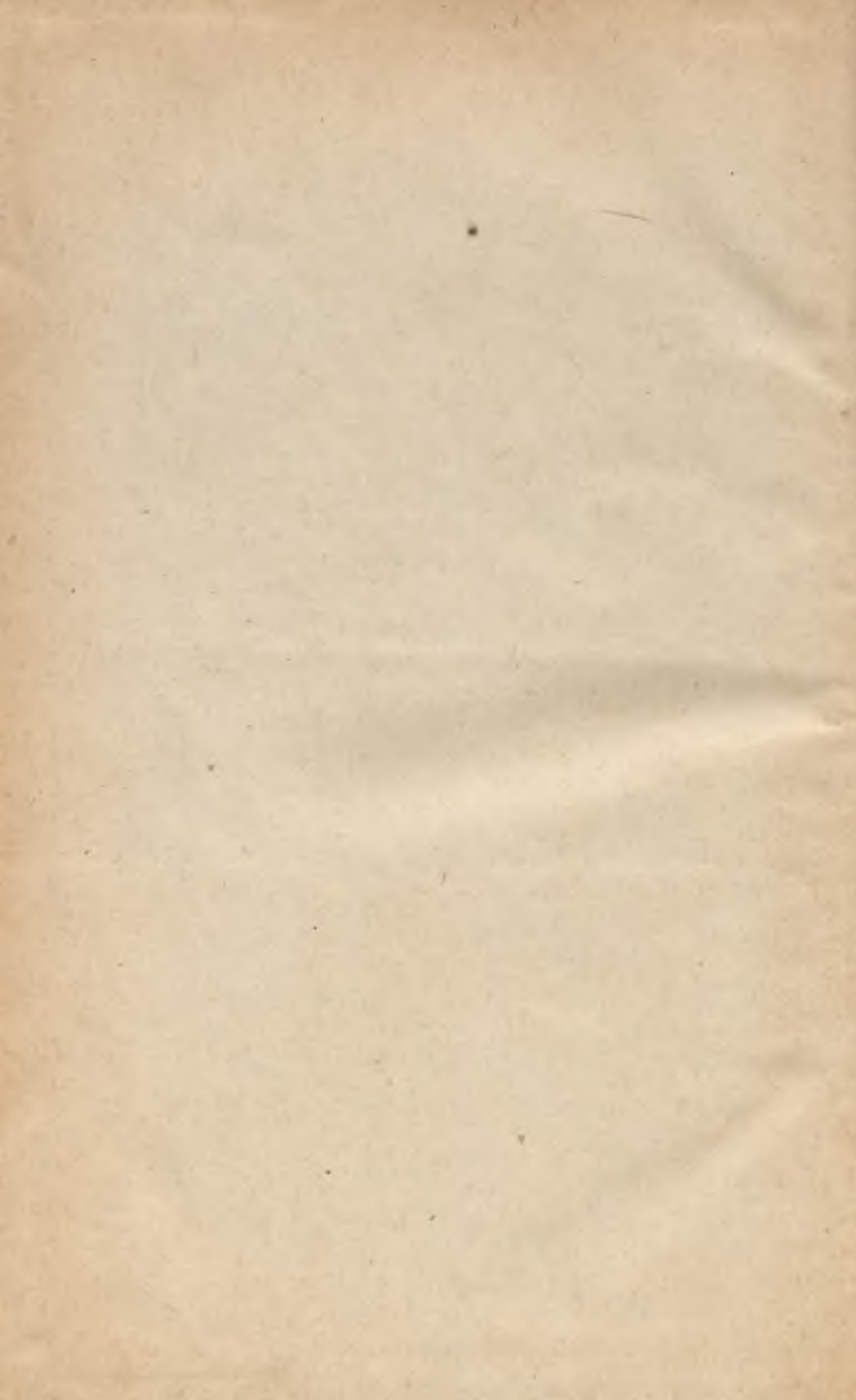
XII.

Atomistyczna budowa molekuli wzorowych związków wodu. — Rozróżnienie minimalnych ciężarów pierwiastków. — Minimalny ciężar molekularny i minimalny ciężar atomowy. — Siła sprzęgania atomów czyli kwantiwalencja. — Różny jej stopień w atomach rozmaitych pierwiastków, oznaczony według liczby sprzęganych atomów wodu. — Jednowartościowe, dwuwartościowe, trzywartościowe i czterowartościowe atomy. — Podstawa naturalnej klasyfikacji pierwiastków. — Powstawanie wzorowych związków wodu. — Rozkład kwasu jodowodowego, wody, amoniaku i gazu bagiennego pod wpływem chloru. — Rozkład kwasu jodowodowego pod wpływem chloru i pod wpływem tlenu. — Przekształcanie się związków przez wstępowanie atomów w miejsce atomów występujących, zgodnie z prawem kwantiwalencji. — Wynikające stąd zmiany w objętości; porównanie objętości kwasu chlorowodowego, wody, amoniaku i gazu bagiennego z objętością składających je pierwiastków. — Ażali pierwiastki łączą się tylko w stosunku wyznaczonym ich kwantiwalencją? — Rozbiór związków tlenu z azotem. — Związki złożone równowartościowo i nierównowartościowo. — Nasycone czyli zamknięte i nienasycone czyli niezamknięte molekuly. — Tablica ciężaru atomowego pierwiastków. — Tablica ciężaru atomowego, objętościowego i molekularnego lotnych pierwiastków 216

Połączenia wyższego rzędu, trzeciego, czwartego, piątego i t. d. — Warunki powstawania związków wyższego rzędu. — Zmniejszanie się lotności w związkach wyższego rzędu, jakoteż ich nietrwałość. — Przykłady związków trzeciego rzędu. — Chlorek amonu. — Powstanie jego w skutek złączenia się molekuł dwóch dwupierwiastkowych gazów. — Obojętne cechy tego związku. — Dissocjacja jego pary. — Związki trzeciego rzędu powstające w skutek rozkładu wody i amoniaku pod wpływem sodu. — Wymiana atomów wodu na atomy sodu. — Rozkład gazu bagiennego i pochodne stąd związki sodu. — Zasada substytucji. — Powstawanie substytucyjnych produktów z wody, z amoniaku i z gazu bagiennego pod wpływem chloru. — Przekształcanie związków drugiego rzędu w związki rzędu trzeciego w skutek przybrania atomów tlenu. — Tlenki chlorowodowe, siarkowodowe, fosforowodowe. — Alkohol metylowy. — Rekapitulacja i rzut oka na przebyłą drogę







Biblioteka im. Hieronima
Lopacińskiego w Lublinie

32391.9



1000084211