

## 2. CIAŁA PRZYRODZONE I ICH WŁASNOŚCI.

Twory przestrzenne, ograniczone od sąsiednich i zachowujące się w sposób różny od otaczającego je środowiska, zowieśmy powszechnie ciałami. Przytem przez zachowanie się tych tworów rozumiemy zespoły wrażeń, otrzymywanych od nich przez nasze organy zmysłowe.

Doświadczenie codziennie poucza nas, że tego rodzaju określone zespoły wrażeń odbieramy tylko od tworów przestrzenne umiejscowionych. Tak np. od tworu przestrzennego, od przedmiotu zwanego kawałkiem cukru, odbieramy szereg zespolonych ze sobą wrażeń barwy, twardości, ciężaru, smaku słodkiego i t. p. Zmieniając dowolnie w przestrzeni położenie kawałka cukru, zmieniamy jednocześnie umiejscowienie odbieranego odeń układu wrażeń zmysłowych.

Te wrażenia, odbierane od przedmiotów, zowieśmy ich własnościami, — a określone zespoły owych wrażeń czyli własności — przedmiotami lub ciałami przyrodzonymi.

Nie wszystkie własności ciał przyrodzonych są dla nich w równej mierze znamienne i charakterystyczne. Pewne kategorie tych własności posiadają charakter niejako przypadkowy, — dowolny i chwilowy, inne natomiast są trwale ze sobą zespolone (kolektywne). Tak np. kawałek cukru możemy wprowadzić w ruch, nadając mu większą lub mniejszą szybkość, możemy dowolnie zmieniać jego postać zewnętrzną, rozbijając go na coraz to mniejsze kawałki, możemy go oświetlić promieniami różnej barwy, możemy go ogrzać lub ochłodzić, możemy naelektryzować, a pomimo wykonania tych wszystkich czynności, zmieniających pewne kategorie odbieranych odeń wrażeń, nie przestaje on być tym samym cukrem, wykazującym pierwotny smak, gęstość, twardość i t. d.

Widzimy stąd, iż położenie ciał przyrodzonych w przestrzeni, ich stan spoczynku czy ruchu, dalej ich postać zewnętrzną, stan cieplny, elektryczny, magnetyczny, a nawet niekiedy ich barwa — przedstawiają naogół cechy przypadkowe i dowolne, i w znacznej mierze zależne od środowiska, od warunków otoczenia, w jakich się ciała chwilowo znajdują. Stąd też pomienione własności nie stanowią cech, charakteryzujących ciała przyrodzone.

Inna natomiast kategoria własności ciał przyrodzonych jest z niemi trwale związana i to w ten sposób, że własności te po-



jedyńczo i niezależnie od siebie nie dają się zmieniać. Chcąc którąkolwiek z nich zmienić, musimy zmienić jednocześnie cały zespół pozostałych własności trwałych. Zmieniając np. smak lub twardość naszego kawałka cukru—zmieniamy jednocześnie jego gęstość, jego stan skupienia i t. p. — słowem otrzymujemy inny przedmiot. Wobec tego tylko te ostatnie cechy trwale charakteryzują w sposób jednoznaczny dany rodzaj lub gatunek ciał przyrodzonych, i dlatego zwą się własnościami gatunkowymi.

### 3. MATERJE JEDNORODNE I NIEJEDNORODNE.

Porównując ze sobą różne ciała otaczającej nas przyrody, spostrzegamy z łatwością, że wiele z nich okazuje te same cechy trwale czyli gatunkowe. Tak np. gwóźdź, podkowa, nóż, szabla, siekiera, klucz, śruba i t. d. — aczkolwiek posiadają różną postać i odmienny kształt zewnętrzny, wykazują jednak te same własności gatunkowe: tę samą gęstość, twardość, spójność, topliwość i t. d.

O ciałach tego rodzaju mówimy, że są one wytworzone z tej samej substancji czyli materji, w danym przykładzie z substancji żelaznej, czyli z żelaza.

Liczba przeto odrębnych substancyj, liczba odrębnych gatunków materji jest nieporównanie mniejsza od liczby ciał przyrodzonych, z jednej i tej samej bowiem substancji można urobić i wytworzyć bardzo wielką liczbę przedmiotów przyrodzonych.

Z tego stosunku substancyj do ciał przyrodzonych, ze stosunku gatunków materji do przedmiotów, człowiek pierwotny zdawał sobie dokładnie sprawę już w zaraniu swego kulturalnego rozwoju. Podobnie zdaje sobie z niego sprawę każde dziecko, ów filozof w pieluchach, który dochodząc stopniowo do świadomości, zasypuje swe otoczenie bezustannie pytaniami tego rodzaju, jak np. z czego jest zrobiony stół, piec, szklanka, — z czego składają się te oraz inne otaczające go ciała przyrodzone.

Z odpowiedzi na pytania, stawiane przyrodzie przez ludzkość w ciągu jej wielowiekowego rozwoju, wyłoniła się na-przód w starożytnym Egipcie, w owej kolebce kultury ludzkiej, odrębna gałąź wiedzy przyrodniczej, nazwana czasami chemją, t. j. nauką Chemitów czyli nauką Egipcjan.



Chemja zajmuje się przeto substancjami czyli materjami, ich cechami ogólnemi, ich gatunkami i rodzajami, oraz wzajemnemi ich stosunkami i oddziaływaniami.

Gdy mówimy, iż dany rodzaj materji charakteryzuje się pewnemi własnościami, pewnemi zespołami cech trwałych, — zakładamy bezwiednie, że najdrobniejsza cząstka owej materji okazuje ten sam zespół własności trwałych co i całość. W rzeczy samej, wracając do omawianego uprzednio kawałka cukru, możemy z łatwością przekonać się, iż najdrobniejsza cząstka, jaką odeń oddzielić zdołamy, — będzie wykazywała ten sam smak, twardość i gęstość, co i cały kawałek.

Bezpośrednia obserwacja codzienna poucza nas jednak, iż większość otaczających nas ciał przyrodzonych zachowuje się w sposób różny od wyżej omawianego kawałka cukru. Dla przykładu weźmy chociażby odłamek zwykłego brukowca, zwanego granitem. Przypatrując mu się zbliska możemy z łatwością zauważyć, że składa się on z trzech odmiennych części składowych, dających się rozróżnić gołym okiem, bowiem jedne z nich przedstawiają ciemne, błyszczące blaszki, drugie — różowe słupki, a trzecie białe ziarna. Owe trzy części składowe granitu, to trzy odrębne materje, nazywane przez mineralogów miką, skaleniem i kwarcem.

W przeciwstawieniu do cukru, granit przedstawia przeto materję niejednorodną, niejednolitą, — jest zlepkiem trzech różnych materj, ich mieszaniną mechaniczną, dającą się gołym okiem rozróżnić, a zabiegami mechanicznemi, jak np. rozdrobnieniem, a następnie przebieraniem, rozdzielić na poszczególne części składowe.

Mając to na względzie, musimy podzielić materje przyrodzone na materje fizycznie jednorodne oraz materje fizycznie niejednorodne. Chemja mówi przeważnie o materjach fizycznie jednorodnych, pozostawiając badanie materj fizycznie niejednorodnych indywidualnym działom przyrodoznawstwa, takim jak np. mineralogja, petrografja, botanika, zoologja i t. p.

Chemja czyni to celowo ze względu na ekonomję pracy i myśli, bowiem ogólne własności mechaniczne mieszanin różnych gatunków materji dają się w pewnej mierze przewidzieć



i obliczyć ze znanych własności poszczególnych składników tych mieszanin oraz z wzajemnego ich stosunku wagowego. Zamiast przeto zajmować się tego rodzaju mieszaninami mechanicznymi jako tworami odrębnymi, chemik rozdziela je na poszczególne materje składowe i bada własności indywidualne każdej z nich oddzielnie. A więc taki np. granit kruszy on naprzód w młóźnie na drobne kawałki, a następnie oddziela ręcznie cząstki kwarcu od cząstek miki i skalenia. Mieszaninę żelaza i siarki rozdziela chemik zapomocą magnesu. Złoto od piasku oddziela zapomocą przemywania wodą. Mieszaninę gliny z piaskiem rozdziela zapomocą szlamowania wodą. Mieszaniny substancyj stałych z cieklami dają się rozdzielić zapomocą sączenia przez bibułę i t. d.

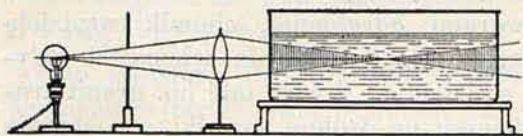
#### 4. STOPNIE NIEJEDNORODNOŚCI MATERJI. ZAWIESINY I ROZTWORY.

Niejednorodność materji, składającej ciała przyrodzone, niezawsze jest tak oczywista i na pierwszy rzut oka widoczna,— jak w przypadku omawianego kawałka granitu. Wystarczy np. zmieszać sól kamienną ze zwykłym cukrem trzcinowym i mieszaninę tę dobrze utrzeć w młóźnie, by otrzymany w ten sposób biały proszek przedstawiał się oku naszemu jako substancja optycznie jednorodna. Dopiero obserwując ten proszek nieco dokładniej pod mikroskopem, możemy w nim rozróżnić cząstki cukru od cząstek soli, a tem samem stwierdzić jego niejednorodność.

Jeśli dolać kilka kropeł rozcieńczonego roztworu kalafonji w spirytusie do wielkiej ilości wody i skłócić tę mieszaninę, to otrzymany ciecz przezroczystą, wykazującą zaledwie słabą opalescencję niebieskawą. W cieczy tej, przy najsilniejszym nawet powiększeniu mikroskopowem, nie zauważymy zawieszonych w niej drobnutkich kropelek kalafonji. Dopiero tak zwane badanie ultramikroskopowe, którego zasadę podamy niżej, wykazałoby nam fizyczną niejednorodność tego płynu. Pochodzi to stąd, że pod mikroskopem możemy obserwować oddzielne cząstki o wymiarach większych od długości fal świetlnych. Natomiast obecność cząstek drobniejszych daje się stwier-



dzić tylko zapomocą t. zw. zjawiska Tyndalla. Zjawisko to polega na tem, że wiązka światła przechodząca przez



Rys. 1.  
Zjawisko Tyndalla.

przezroczystą zawiesinę, napozór jednorodną, ulega częściowemu rozproszeniu. Dzięki temu owa wiązka światła przedstawia się obserwatorowi,

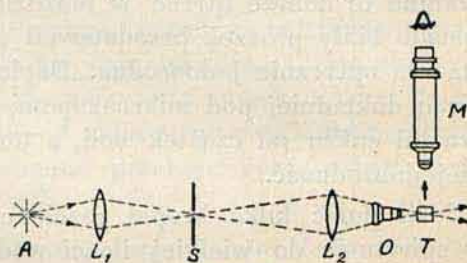
rozpatrującemu ją z boku gołym okiem, jako jasna świetlna smuga. Rozpatrując ją pod mikroskopem o silnem powiększeniu, rozróżniamy w niej poszczególne ośrodki świecące, odpowiadające obcym cząstkom.

⊗ Na opisanem powyżej zjawisku Tyndalla osnuty został przez Siedentopfa i Zsigmondy'ego przyrząd, zwany »ultramikroskopem«. Przyrząd ten, którego schemat działania przedstawiony jest na rys. 2, pozwala rozróżniać ciała o średnicy, dochodzącej do 0,000005 milimetra (5  $\mu$ p.), które zapomocą najdoskonalszych nawet mikroskopów nie są widzialne. Wiadomo bowiem z optyki, że przedmioty, których wielkość odpowiada długości fali świetlnej albo jest od niej mniejsza, rozpraszają padające na ich powierzchnię światło. Wskutek tego kontury tych przedmiotów zacierają się, same zaś przedmioty przestają być widzialne.

Granice widzialności w mikroskopach stanowi 0,0002 milimetrów.

W ultramikroskopie granica ta zmniejszona jest 40 razy. Urządzenie ultramikroskopu jest następujące (rys. 2).

W A znajduje się silna lampka łukowa, której promienie przechodzą przez szczelinę S. Promienie te, zebrane przez szereg soczewek  $L_1$  i  $L_2$ , skoncentrowane przez obiektyw O, padają na płaskocienne naczynie T, zawierające badany roztwór. Jeżeli roztwór ten zawiera ciała, których wielkość przewyższa 0,000005 mm, to światło »uginą« się na powierzchni tych ciałek. Badacz, obserwujący to zjawisko w mikroskopie M, zauwa-



Rys. 2.  
Schemat działania ultramikroskopu  
Siedentopfa i Zsigmondy'ego.



ży wówczas szereg świecących się punktów, odbijających padające na nie promienie światła. ☒

Otoczające nas powietrze, nawet najprzezroczystsze, napozór zupełnie jednorodne, przedstawia w rzeczywistości ultramikroskopową zawiesinę drobniotkich cząstek kurzu, rozsianych i unoszących się w środowisku gazowym. Jego niejednorodność fizyczną każdy z nas nieraz obserwował, śledząc drogę promieni słonecznych, przedostających się do zaciemnionego pokoju przez szczelinę okiennicy.

Wreszcie, jeśli rozpuścimy w wodzie kawałek cukru lub soli kamiennej, albo jeśli dolejemy do wody nieco spirytusu i mieszaniny te dobrze skłócimy, to otrzymamy cieczę przezroczystą zwane roztworami, w których nawet zapomocą badania »ultramikroskopowego« nie zdołamy wykryć śladów niejednorodności fizycznej. Niemniej przeto ciecz te będą fizycznymi mieszaninami różnych substancyj.

Widzimy stąd, że istnieje cała skala stopni niejednorodności fizycznej materji. Jest ona uwarunkowana wielkością cząstek substancyj mieszających się ze sobą.

☒ Ze względu na to, że w chemji nowoczesnej często miewamy do czynienia z cząstkami bardzo drobnymi, w celu łatwiejszego ich oznaczania, a dla uniknięcia bardzo drobnych ułamków, wprowadzono odrębne jednostki wielkości bardzo małych. A więc oznaczamy: przez mikron (symbol  $\mu$ ) 0,001 milimetra, zaś przez milimikron (symbol  $\mu\mu$ ), 0,000001 milimetra. Posiłkując się temi jednostkami, otrzymamy następującą skalę »układów«, rozpoczynającą się od mieszanin i kończącą się roztworami. ☒

Gdy cząstki substancyj zmieszanych ze sobą dają się rozróżnić gołym okiem, co zachodzi wówczas, gdy średnica ich jest większa od 0,1 mm, wtedy mamy do czynienia z t. zw. mieszaninami makroskopowymi.

Niejednorodność mieszanin, których cząstki mają średnicę mniejszą od 0,1 mm, a większą od 0,1  $\mu$  (czyli 0,0001 mm), występuje dopiero przy badaniu mikroskopowym. Tego rodzaju mieszaniny, zawiesiny i emulsje zwiemy mieszaninami mikroskopowymi (np. ciała krwi, kulki tłuszczowe w mleku, bakterje).

Obecność cząstek, których średnica jest mniejsza od 0,1  $\mu$  (0,0001 mm), a większa od 1  $\mu\mu$  (czyli 0,000001 mm) daje się



stwierdzić dopiero zapomocą badania ultramikroskopowego. Substancje wykazujące ten stopień niejednorodności zowiemy mieszaninami ultramikroskopowymi, lub też roztworami koloidalnymi (pseudoroztworami) np. uprzednio przytoczony roztwór kalafonji

Wreszcie, gdy średnica cząstek jest mniejsza od 1  $\mu\mu$ , zaciera się wszelkie ślady niejednorodności fizycznej (optycznej). Mieszaniny tego rodzaju zowiemy mieszaninami fizycznie jednorodnymi, lub roztworami właściwymi (roztwór soli, cukru).

⊗ W ten sposób otrzymujemy następującą tabliczkę:

Nazwa układu	Wielkość cząsteczek	Nazwa cząsteczek
1. Mieszaniny makroskopowe	0,1 mm — $\infty$	makrony
2. Mieszaniny mikroskopowe	0,1 $\mu$ — 0,1 mm	mikrony
3. Mieszaniny ultramikroskopowe (roztwory koloidalne)	1 $\mu\mu$ — 0,1 $\mu$	ultramikrony
4. Układy fizycznie jednorodne (roztwory właściwe) . .	0,01 $\mu\mu$ — 1 $\mu\mu$	amikrony

⊗

W miarę przeto wzrastającego rozdrobnienia substancyj wchodzących w skład mieszanin, niejednorodność fizyczna tych mieszanin zaciera się coraz bardziej i wkońcu przechodzą one w mieszaniny fizycznie jednorodne, czyli roztwory.

⊗ Zależnie od stanu skupienia roztwory te mogą być gazowe, ciekłe lub stałe. Zauważyć można, że w miarę zmniejszenia wymiarów cząsteczek, wchodzących w skład tego rodzaju mieszanin, rozdzielenie tych mieszanin na ich poszczególne składniki staje się coraz trudniejsze. ⊗

Mieszaniny makroskopowe można z łatwością rozdzielić zapomocą przebierania ręcznego, zapomocą przesiewania przez rzadsze lub gęstsze sita, wreszcie zapomocą odwiwania lub odmywania. Mieszaniny mikroskopowe rozdzielamy zapomocą filtrowania czyli sączenia przez zwykłą bibułę, lub zapomocą odstawania oraz centryfugowania. Mieszaniny ultramikroskopowe dają się rozdzielić zapomocą filtrowania przez specjalne sączki z bibuły hartowanej, pokryte warstwą żelatyny lub innych galaret, a także zapomocą bardzo intensywnego odwirowywania (centryfugowania). Wreszcie roztwory właściwe zupełnie nie dają się rozdzielić na swe składniki zapo-



mocą środków i zabiegów czysto mechanicznych, zatem ani zapomocą sączenia, ani też zapomocą odwirowywania.

Poza roztworami właściwymi, fizycznie jednorodnymi, istnieją substancje jednorodne zarówno pod względem fizycznym jak i chemicznym, czyli t. zw. materje czyste, t. j. materje tego samego gatunku. One to stanowią główny przedmiot badań chemicznych.

⊗ Materje fizycznie jednorodne niezawsze okazują się jednolitemi z chemicznego punktu widzenia. Różnica pomiędzy substancjami chemicznie jednolitemi i chemicznie niejednolitemi uwydatnia się zwykle podczas zmiany stanu skupienia. Jeżeli np. zamienimy część czystej wody (destylowanej) w parę i skropliwszy parę porównamy jej własności z pozostałą częścią wody, to nie zauważymy najmniejszej różnicy ani w smaku, ani w ciężarze gatunkowym, ani w jakichkolwiek własnościach obu części wody. Podobny wynik otrzymamy, jeżeli zamrozimy czystą wodę i część jej zamienimy w lód. Otóż lód po stopieniu wykaże te same własności, które posiada woda niezamrożona. ⊗

⊗ Inaczej przedstawia się sprawa, jeżeli powyższe doświadczenia wykonamy z roztworem cukru, albo soli (albo z wodą studzienną), wówczas przekonamy się, że skroplona para wodna nie posiada ani tego samego smaku, ani tego samego ciężaru właściwego, jaki posiada pozostały roztwór. Podobnie i lód, wymrożony z roztworu cukru lub soli, różni się pod względem własności od pozostałej części roztworów. Z tego względu mówimy, że roztwory rozmaitych substancyj w wodzie są chemicznie niejednolite. ⊗

⊗ W ogólności za substancje chemicznie jednolite uważamy substancje tego rodzaju, które podczas zmian stanu skupienia (destylacji, zamrażania, krystalizacji) nie dają się rozdzielić na części o własnościach różnych. Takie substancje zwiemy też chemicznie czystymi i uważamy za indywidualia chemiczne. Badanie takich substancyj »chemicznie czystych« stanowi główny przedmiot chemji. ⊗

Wobec wszakże ciągłości przejść od materij fizycznie niejednorodnych do fizycznie jednorodnych, chemja nie może całkowicie wykluczyć z zakresu swych badań pewnych kategorii mieszanin, zwłaszcza takich, jak roztwory koloidalne lub roztwory właściwe.



Jednakże badanie mieszanin tych winno z natury rzeczy poprzedzić zapoznanie się z własnościami charakterystycznymi ich składników, czyli z własnościami materij chemicznie jednorodnych oraz poznanie kryterij czystości tychże materij.

Zanim przeto przejdziemy do bliższego zapoznania się z rodzajami i gatunkami materij chemicznie jednorodnych, należy chociaż w krótkości omówić charakterystyczne cechy rozpoznawcze materij.

## 5. OGÓLNE WŁASNOŚCI MECHANICZNE MATERJI.

Obserwacja i doświadczenie codzienne prowadzą do wniosku, że każdą materję cechują pewne ogólne własności, po których wnioskujemy o jej istnieniu. Przedewszystkiem występuje ona w pewnej określonej ilości dającej się zmierzyć, ilości zwanej powszechnie jej masą i oznaczanej zapomocą litery  $m$ . Nadto okazuje ona pewną rozciągłość przestrzenną, czyli zajmuje pewną określoną objętość  $v$ . Wreszcie każda materja, występująca na powierzchni naszej kuli ziemskiej, jest przez nią przyciągana, czyli okazuje pewien określony ciężar  $mg$ .

Zatem masa, ciężar i objętość stanowią zasadnicze cechy, czyli atrybuty materji. Że jednak własności te są wspólne wszystkim gatunkom materji, przeto nie mogą one stanowić cech charakterystycznych, po których możnaby rozróżniać jedne gatunki materji od innych.

Wiadomo, że każda materja jest podzielna. Dzieląc daną masę jakiegokolwiek materji na coraz to mniejsze masy,—zmieniamy równocześnie jej ciężar i objętość. Jeśli np. dokładnie przepołowimy dany kawałek cukru, to każda z nowopowstałych połówek tego kawałka będzie wykazywała dwa razy mniejszą masę, dwa razy mniejszy ciężar i dwa razy mniejszą objętość. Zatem te trzy zasadnicze własności materji dają się zmieniać tylko jednocześnie i zawsze w tym samym stosunku liczbowym. Jeśli przeto w danym kawałku cukru jego  $m$  i  $g$  znajdowały się w pewnym określonym stosunku liczbowym do jego  $v$ , to i w najdrobniejszych cząstkach, na które ten kawałek cukru rozbijemy, będzie zachowany również ten sam stosunek liczbowy pomiędzy  $m$ ,  $g$  i  $v$ . Dla innych materij otrzymamy inny, ale również stały stosunek liczbowy tych własności:



$$\frac{m}{v} = a, \quad \frac{g}{v} = b.$$

Wynika stąd, że stosunki liczbowe zasadniczych własności mechanicznych materji są stałe dla każdego jej gatunku, stanowią przeto ich cechy, czyli własności gatunkowe, które dają się wyrazić liczbowo.

Celem ilościowego oznaczenia tych własności charakterystycznych należy je zmierzyć, t. j. porównać z wielkościami tego samego rodzaju, przyjętymi za jednostki wzorcowe, i wynik tego porównania następnie liczbowo wyrazić.

Za jednostkę długości przyjęto w nauce t. zw. metr *m*, t. j. długość wzorcowej sztaby platynowo-irydowej, przechowywanej w Międzynarodowym Biurze Miar i Wag w Sèvres pod Paryżem. W chemji i fizyce stosuje się najczęściej jako jednostkę długości setną część metra, zwaną centymetrem *cm*. Stosownie do tego wzorcową jednostkę pola stanowi centymetr kwadratowy *cm*<sup>2</sup>, a wzorcową jednostkę przestrzenności czyli objętości — centymetr sześcienny *cm*<sup>3</sup>.

Za jednostkę ciężaru przyjęto t. zw. kilogram *kg*, t. j. ciężar wzorcowego kawałka platyno-irydu, przechowywanego w Międzynarodowym Biurze Miar i Wag w Sèvres pod Paryżem. W myśl pierwotnej definicji miał to być ciężar jednego decymetra sześciennego, czyli ciężar jednego litra chemicznie czystej wody, o temperaturze 4°C. Okazało się wszakże później, że w wymienionych warunkach litr wody waży nieco więcej niż kilogram, mianowicie 1,000013 kg. W chemji i fizyce zamiast kilograma stosuje się zazwyczaj jako jednostkę ciężaru 0,001 część jego, zwaną gramem *gr*.

Wreszcie za jednostkę masy przyjęto masę tegoż wzorcowego kilograma irydo-platynowego, przechowywanego w Międzynarodowym Biurze Miar i Wag w Sèvres pod Paryżem. W fizyce i chemji stosuje się zazwyczaj 0,001 część masy kilograma jako jednostkę masy.

Jak już zaznaczyliśmy, bezwzględne wielkości *g*, *m* i *v* nie przedstawiają cech charakterystycznych materji. Tego rodzaju cechy stanowią natomiast wzajemne stosunki liczbowe wymienionych trzech wielkości. Stosunków tych można utworzyć 6, a mianowicie:

$$\frac{m}{g}, \quad \frac{g}{m}, \quad \frac{m}{v}, \quad \frac{v}{m}, \quad \frac{g}{v}, \quad \frac{v}{g}.$$



W rzeczywistości redukują się te stosunki do dwóch  $\frac{g}{v}$  i  $\frac{v}{g}$ , a to z tego względu, że z doświadczenia wiadomo, że dwa ciała o jednakowym ciężarze, poddane działaniu tej samej siły, osiągają te same szybkości ruchu, czyli okazują jednakowe masy. Wynika stąd, że masa ciał jest wprost proporcjonalna do ich ciężaru. A że za jednostkę ciężaru przyjęto ciężar jednego kilograma platyny, zaś za jednostkę masy — masę tego samego kilograma platyny, przeto zgodnie z tem założeniem przyjmujemy, iż masa materji jest równa jej ciężarowi względ-nemu czyli stosunek  $\frac{m}{g} = 1$ , skąd  $m = g$ .

Mając to na względzie, otrzymamy dalej:

$$\frac{m}{v} = \frac{g}{v} \text{ oraz } \frac{v}{m} = \frac{v}{g},$$

czyli, że powyższe stosunki trzech własności mechanicznych materji redukują się ostatecznie do dwóch stosunków zasadniczych:

$$\frac{g}{v} \text{ oraz } \frac{v}{g}.$$

Pierwszy z tych stosunków zowiemy gęstością lub ciężarem gatunkowym materji  $d$ , drugi zaś, jej przestrzennością lub objętością gatunkową  $\varphi$ .

Że jednak przestrzenność jest odwrotnością gęstości, bowiem

$$\varphi = \frac{1}{d}, \text{ a } d = \frac{1}{\varphi},$$

przeto właściwie jedna tylko gęstość stanowi charakterystyczną cechę ilościową materji.

Wobec tego, że w temperaturze  $4^0$  1 cm<sup>3</sup> chemicznie czystej wody waży prawie dokładnie 1 gr, przeto gęstość wody w tych warunkach  $\frac{g}{v} = \frac{1}{1} = 1$  równa się jedności. Zatem dane liczbowe dla gęstości substancyj różnych od wody wskazują nam jednocześnie, ile razy owe substancje są cięższe, względnie lżejsze od wody o temperaturze  $4^0$ .

Gęstości znanych nam substancyj przyrodzonych zawarte są w wąskich granicach od 0 do 22,5, jak to widać z następującego zestawienia danych liczbowych.



TABLICA GĘSTOŚCI  
(w temperaturze pokojowej  $d_{15^\circ}$ )

Substancje stałe		Ciecze	
osm	22,48	rtęć	13,59
platyna	21,4	brom	3,14
złoto	19,3	kwas siarkowy	1,85
ołów	11,34	chlor ( $-34^\circ$ )	1,57
srebro	10,50	chloroform	1,48
miedź	8,93	kwas octowy	1,05
nikiel	8,8	woda	1,00
kobalt	8,8	benzen	0,874
żelazo	7,86	alkohol etylowy	0,789
mangan	7,3	pentan	0,622
cyna	7,28	Gazy (o temp. $0^\circ$ i pod ciśnieniem 1 atm.)	
cynk	7,14		
jod	4,94	chlor	0,003214
diament	3,51	cyjan	0,00232
glin	2,70	dwutlenek węgla	0,0019768
siarka	2,07	tlen	0,001429
fosfor (biały)	1,83	powietrze	0,0012928
magnez	1,74	azot	0,0012507
sód	0,97	wodór	0,00008987
potas	0,86		
lit	0,53		

O sposobach oznaczania gęstości substancyj stałych, ciekłych oraz gazowych mówi wyczerpująco fizyka, wobec czego nad kwestją tą nie będziemy się tu zatrzymywać. Zaznaczymy tylko ogólnie, że metody doświadczalnego oznaczania gęstości substancyj zwłaszcza stałych są naogół niezbyt dokładne, a w wykonaniu swem uciążliwe i kłopotliwe. Z tego to względu, zarówno jak i ze względu na wąskość granic, w jakich są zawarte gęstości materij przyrodzonych, własność ta nie przedstawia »dogodnej« cechy charakterystycznej owych materij. To też w praktyce chemicy rzadko kiedy posilkują się tą cechą celem oznaczania identyczności badanych substancyj.

Nadto gęstość materij nie jest wielkością bezwzględnie stałą, — zależy ona w pewnej mierze zarówno od



temperatury, jak i od ciśnienia. Wszystkie niemal substancje zwiększają swą objętość wraz ze wzrostem temperatury, a zmniejszają wraz ze wzrostem ciśnienia. Rozszerzalność oraz ściśliwość substancyj stałych i ciekłych jest naogół nieznaczna, natomiast substancyj gazowych bardzo duża.

Z pośród substancyj ciekłych woda zachowuje się pod względem zmian temperatury w sposób całkiem swoisty. Mianowicie podczas nagrzewania od temperatury  $0^{\circ}$  do  $4^{\circ}$  kurczy się ona, a przy dalszym wzroście temperatury powyżej  $4^{\circ}$  rozszerza. Zatem w temperaturze  $4^{\circ}$  woda okazuje maksimum gęstości, jak to widać z następujących danych liczbowych:

$t^{\circ}$		$d$
$0^{\circ}$	—	0,999868
$4^{\circ}$	—	1.00000
$10^{\circ}$	—	0,999727
$20^{\circ}$	—	0,998230

Okoliczność ta odgrywa pewną rolę w ukształtowaniu się niektórych zjawisk przyrodzonych, mianowicie sposobu zamarzania wód lądowych (słodkich). Dzięki temu bowiem, że maksimum gęstości wody leży w temperaturze  $4^{\circ}$ , zatem powyżej temperatury jej krzepnięcia, lód powstaje na powierzchni wód naturalnych, a nie na ich dnie. Temperatura głębszych warstw wody może spaść tylko do  $4^{\circ}$ . <sup>1)</sup>

## II. STANY SKUPIENIA MATERJI I ICH PRZEMIANY.

### 1. STANY SKUPIENIA MATERJI.

Z obserwacji życia codziennego wiadomo, że materje mogą występować w trzech różnych stanach skupienia, zwanych stanem stałym, ciekłym i gazowym.

Substancje stałe charakteryzuje określona, właściwa im postać zewnętrzna. Postać tę starają się one trwale za-

<sup>1)</sup> Wody oceaniczne zawierające przeciętnie około 3,43% soli rozpuszczonych zachowują się pod tym względem nieco inaczej. Ich temperatura zamarzania odpowiada bowiem  $-1,8^{\circ}$ , maksimum zaś gęstości przypada na  $-3,67^{\circ}$ , leży zatem poniżej temperatury zamarzania. W rezultacie skutek jest ten sam, lód tworzy się na powierzchni wód, lecz szybkość powstawania powłoki lodowej jest znacznie mniejsza.