

Pedagogiczna  
Biblioteka Wojewódzka  
w Białymstoku

p.5327

97



B 3764. ✓ Biblioteka inżynierska

# POCZĄTKI CHEMJI 2134 I MINERALOGJI 144

PODRĘCZNIK DLA KLAS NIŻSZYCH

Z 89 RYSUNKAMI

CZYTELNIĄ

OPRACOWAŁ

MIECZYŚŁAW DOMINIKIEWICZ

st. asyst. Zakł. Mineralogji Uniwersytetu Warszawskiego

3764  
MIN.



WARSZAWA — E. WENDE i S-ka (LUDWIK FISZER)  
LWÓW — H. ALTENBERG. ŁÓDŹ — LUDWIK FISZER.  
POZNAŃ — M. NIEMIERKIEWICZ.

54(02)

KRONIKA  
Warszawa, Plac Zamkowy

1.80  
1.2



## PRZEDMOWA

Podręcznik niniejszy, opracowany w części chemicznej podług zasad Ostwaldowskiej „Szkoły chemji“, przeznaczony jest dla klas niższych wzamian za stosowany dotychczas najczęściej bez określonego programu kurs przyrody martwej. Słabą stroną tego ostatniego był brak odpowiedniej literatury podręcznikowej, niedość jasno wytknięty cel i zakres oraz nieliczenie się z ekonomją czasu. W klasie trzeciej można już wdrażać uczniów w takie wiadomości z dziedziny chemji i fizyki, które nie tylko ich rozwiną, ale bardzo przydadzą się im w klasach starszych w nauce kursu systematycznego tych przedmiotów, co spowoduje oszczędność czasu i wysiłku umysłowego. Zadaniem mojem było dostarczyć uczniom stosunkowo niewiele wiadomości, lecz w postaci lekko strawnej i zgodnej ze społecznym poziomem wiedzy.

Książka przeznaczona jest dla ucznia nie tylko jako podręcznik, ale także i jako książka do czytania; ma ona też być pomocą dla nauczyciela, który niech nie zapomina, że nie wszystko jest zrozumiałe, co on rozumie; rzeczy najbardziej oczywiste wymagają nieraz złożonego udawadniania. Dlatego niech stara się jeszcze bardziej uprzystępnąć wykład, na co autor nieraz dla oszczędności miejsca i czasu nie może sobie pozwolić.



Każdy sposób trafienia do świadomości ucznia może być dobry i pedagogiczny, ale ten będzie najlepszy, który trafi mu do przekonania najprędzej.

Jeszcze dużo czasu upłynie zanim nauka naszego przedmiotu w klasach niższych będzie mogła się oprzeć na doświadczeniu bezpośrednim ucznia. Aby uniknąć werbalizmu wykład należy oprzeć na doświadczeniu wykonanem przed klasą i przynajmniej w warunkach, umożliwiających uczniom spostrzeganie i wnioskowanie. Potem dopiero książka dopomoże im do ogólnego opanowania przedmiotu. Bardzo dobrze zrobią ci uczniowie i uczennice, którzy, interesując się chemją, będą wykonywali doświadczenia sami, np. w domu, budując sobie również niezbędne przyrządy.

Ciężkie warunki wydawnicze chwil ostatnich zmusiły autora do uszczuplenia podręcznika, co znalazło wyraz nie tylko w pewnem zmniejszeniu ilości materiału, lecz również i w ściągnięciu treści.

*M. D.*

Warszawa, w lipcu 1920 r.

## I. O ciałach i materji

1. Rozpocniemy dziś nową zupełnie dla nas naukę, **naukę chemji**. Każdy z was zapyta zapewne, co to za nauka, czego ona uczy i poco się jej uczymy.

Poco się jej uczymy? Przedewszystkiem poto, poco uczymy się każdej innej nauki — żeby z bogacić umysł nowym zapasem wiadomości, dokładniej poznać i nauczyć się rozumieć wszystko, co nas w przyrodzie otacza, pogłębić wiadomości, jakie dotychczas zdobyliśmy o świecie i życiu; słowem, ażeby osiągnąć korzyści jak największe z nauki i dla umysłu i dla potrzeb życia codziennego. Bez tych wszystkich wiadomości nie mogłyby być dokonywane ani odkrycia naukowe ani praktyczne wynalazki, które tak bardzo przydają się nam w życiu. Chemja jest właśnie nauką, która łączy się bardzo ściśle z życiem codziennem, która umożliwia dokładniejsze poznanie przyrody i wykorzystanie tych wiadomości na pożytek człowieka.

Chemja należy więc do nauk przyrodniczych i jest jedną z tych nauk. Wiecie już mniej-więcej, jak podzielono nauki przyrodnicze, zależnie od tego, czem one się zajmują. Naprz. **zoologja** zajmuje się badaniem i opisem zwierząt oraz ich życia, **botanika** jest nauką o roślinach, badanie zaś minerałów, t. j. wszelkich kamieni i skał, z których zbudowana jest skorupa ziemska, należy znów do nauki osobnej, zwanej **mineralogją**. Widzimy więc, że dla porządku oraz ułatwienia badania i poznawania przyrody możemy podzielić naukę na szereg nauk osobnych, z których każda zajmuje się swe-



mi własnymi sprawami. Ale przecież oprócz istot wymienionych—zwierząt, roślin i minerałów—spotykamy w świecie na każdym kroku wielką ilość innych rzeczy, bądź naturalnych, bądź sztucznie wytworzonych, które również są godnymi poznania. I rzeczywiście, wieloma z pośród nich zajmują się inne jeszcze odrębne nauki, ale przecież niepodobna, żeby i tych nauk była taka sama mnogość, jak różnych rodzajów rzeczy i wyrobów naturalnych i sztucznych.

Jeżeli naprz. wymienimy szereg rozmaitych rzeczy, jak słońce, księżyc i gwiazdy, maszyny parowe i elektryczne, żelazo, szkło, cukier, mleko, chleb, mydło, proch strzelniczy i t. d., to będziemy mogli poradzić sobie z odnalezieniem tych nauk, do których poszczególne rzeczy należą. Powiemy np., że losem słońca, księżyca i gwiazd zajmuje się astronomja, maszynami wszelkiego rodzaju zajmuje się nauka mechaniki, i może jeszcze dla wielu rzeczy udałoby się nam znaleźć jakieś właściwe nauki, ale nakoniec przekonamy się, że nauk tych braknie. Jakże więc z tem sobie poradzić?

Jak już zapewne wiecie, wszelkie przedmioty i rzeczy, które dokoła siebie widzimy, zarówno naturalne, jak i wytworzone przez człowieka sztucznie, nazywamy w nauce po prostu **ciałami**. A więc nazwa „ciało“ dotyczy nie tylko naszego ciała własnego i nie oznacza bynajmniej ciała, czyli mięsa zwierząt, ale ma znaczenie ogólne. Widzimy zatem, że zarówno wśród świata roślin i zwierząt, jak i minerałów, wreszcie pośród przedmiotów życia codziennego, słowem jak świat szeroki i długi istnieje nieskończona ilość ciał. Poznaniem ich i badaniem zajmują się różne nauki, ale jest jednak tylko jedna wśród nich taka, która usiłuje poznać szczegółowo ten **materiał**, z którego wszystkie ciała w przyrodzie są zbudowane. Tak samo, jak dla wszystkich rzeczy stosujemy nazwę ogólną ciał, tak i dla materiału, z którego ciała te są zbudowane, bez względu na rodzaj jego, stosujemy w nauce nazwę ogólną **materji**. Każde zatem ciało składa się z pewnej materji. A ponieważ, jak powiedzieliśmy wyżej, chemja zajmuje się poznaniem materiału, z którego ciała są zbudowane, to poprostu powiedzieć możemy, że **chemja jest nauką o materji**, a celem jej jest dokładne poznanie materji wszystkich ciał w przyrodzie, zarówno żywych, jak martwych, tak naturalnych, jak i sztucznych.

2. Wartoby jednak zastanowić się trochę bliżej nad tem, co to właściwie jest materja. Weźmy np. kawałek cukru. Każdy z was domysli się odrazu, że jest to cukier, bo poznacie go z wyglądu, a utwierdźcie się w tem przekonaniu, gdy go weźmiecie do ręki i skosztujecie jego smak. Cukier jest słodki, a zwilżony wodą lepi się w palcach. Poznacie więc cukier po jego **własnościach**. Cukier jest materją, a więc materję poznajemy po jej własnościach.

A teraz weźmy cukier w proszku. Czy spojrzenie na ten biały proszek wystarcza, żeby rozpoznać w nim cukier? Nie; chcąc się przekonać, że to cukier, musimy zbadać jego smak i przekonać się, czy staje się lepkiem po zwilżeniu. Po wyglądzie już teraz cukru nie odróżnimy, ma on teraz inną postać. **Postać** jest również własnością. Ale widzimy, że można ją dowolnie zmieniać, nie zmieniając przez to wcale samej materji. Cukier w kawałku po utłuczeniu na proszek nie przestał być cukrem. To samo powiedzieć można również i o **ilości**. Cukier będzie zawsze cukrem bez względu na to, czy mamy go tylko kawałek, czy też pełną cukiernicę. Jeżeli wam dam szczyptę proszku białego, to tak samo nie poznacie w nim cukru, nie spróbowawszy go, jak i wtedy, gdy postawię przed wami cały worek tegoż proszku. A więc postać i ilość są to własności, po których materji poznać nie można.

Znajdziemy jeszcze inne takie własności, które dla rozpoznania cukru byłyby bezużyteczne. Naprz. cukier przyniesiony z dworu w zimie jest zimny, zaś cukier, stojący w pokoju na stole w cukiernicy jest o wiele cieplejszy. Czy to wpływa w czemkolwiek na jego istotę, czy możemy rozpoznać cukier po jego cieple? Bynajmniej. Ciepło i zimno są to również własności, po których cukru rozpoznać nie można.

Jeśli znacie naftę, to wiecie, że różni się ona od wody swą barwą niebieskawą, a nadto szczególnym zapachem nalcianym. Barwa i zapach są to własności, które napewno ustrzegą was przed pomyłką przy odróżnieniu nafty od wody. Ale ani ilość, ani ciepło lub zimno, ani kształt naczynia, w którym nafta i woda będą się znajdowały, nie przydadzą się na nic przy odróżnianiu i rozpoznaniu obu tych cieczy.

Otóż właśnie dotarliśmy do rzeczy najważniejszych



w naszym zastanawianiu się nad tem, co to jest materja. Cukier zawsze jest słodki i lepki, nafta zwykle bywa niebieskawa i zawsze ma swój zapach i to są ich własności zasadnicze i niezmiennie. Jeśli macie coś podobnego do cukru, co nie będzie słodkie i lepkie, lub coś podobnego do nafty, co nie ma zapachu i barwy, to napewno nie będzie to ani cukier ani nafta. Ilość cukru i nafty oraz ich ciepłotę możemy zmieniać dowolnie, lecz mimo tego zawsze pozostaną one tem, czem były. Cukru nie możemy pozbawić jego słodczy, bo wtedy przestanie być cukrem. Widzimy więc, że wśród własności ciał istnieją takie, **których zmienić nie można** i to są własności zasadnicze, oraz takie, które można zmieniać dowolnie i te są własnościami podrzędnymi. Każdy rodzaj materji ma pewne swoje stałe własności niezmiennie i każdy przedmiot, który okazywać będzie te same własności otrzymać musi też nazwę tego samego rodzaju materji bez względu na to, czy będzie on ciepły, czy zimny, duży czy mały.

Bardzo często przedmioty otrzymują nazwę nie od rodzaju materji, lecz od kształtu lub celu, do którego służą. Np. klucz i nożyczki. Czy każde z nich jest materją? Nie, każde z nich jest tylko przedmiotem, zrobionym z żelaza, a żelazo jest materją. Chcąc się przekonać, z jakiej materji składa się jakiś przedmiot, bardzo często dowiadujemy się tego, pytając, z czego się on składa. Papier jest również materją, bo zeszyt lub książka składają się z papieru. Ale naprz. kafle pieca nie są materją, bo kafel potłuczony przestaje być kaflem. Nazwa kafła dotyczy tylko pewnego przedmiotu o określonym kształcie, ale jeśli go potłuczemy, traci on swą postać i przestaje być kaflem; nie może przeto być materją. Z czego robi się kafle? Z gliny. Gлина zaś jest materją, gdyż zarówno w kawałkach, jak i potłuczona, zawsze gliną pozostaje.

Badając stopniowo, z czego składa się przedmiot, a następnie jego części i jak zachowują się one po rozdrobnieniu, dochodzimy wreszcie do poznania materji, z której się on składa. Bardzo wielka ilość przedmiotów nasuwa myśl, że również istnieć musi wielka ilość różnych rodzajów materji. Jest to do pewnego stopnia słuszne, bo rzeczywiście istnieje wiele rodzajów materji, których jeszcze nie znacie, a których poznanie należy do zakresu chemji. Poznanie to ułatwimy sobie

w taki sposób, że nie odrazu zabierzemy się do kolejnego poznawania wszystkich rodzajów materji. Najpierw postaramy się poznać pewne ogólne własności materji, które pozwolą nam podzielić wszystkie jej rodzaje na odrębne grupy. Wstąpimy więc na drogę, z której będziemy mogli zbaczać w rozmaite strony, by owe poszczególne grupy materji poznawać. Gdy poznamy i te drogi boczne, wtedy śміielej będziemy mogli zbaczać i na ścieżki drobne. Będziemy wtedy w stanie nakreślić plan całej naszej wędrówki, który nie pozwoli nam zbłądzić i pomoże w każdej chwili zorientować się, gdzie się znajdujemy. Piękne i ciekawe okolice, przez które drogi nasze wiedą, powodują, że nauka chemji jest równie ciekawą, jak przyjemną i pożyteczną.

**Uwaga.** Napiszcie teraz w osobnym zeszycie krótkie streszczenie tego rozdziału. W kilku zdaniach streszczcie najważniejsze szczegóły, ażeby następnie łatwiej wam było odpowiedzieć na proste pytania: Jaki jest cel chemji? Jak dzielą się nauki przyrodnicze? Co to są ciała? Co to jest materja? Jak określamy naukę chemji? Po czem poznajemy materję? Jakie bywają własności ciał? Jaką poznajemy materję w ciałach? Tego sposobu nauki trzymajcie się zawsze, pisząc streszczenia każdej lekcji, albo każdego rozdziału.

## II. O własnościach

3. Mówiliśmy poprzednio, że materją nazywamy to, z czego składają się wszelkie ciała i przedmioty.

Zdrowy rozsądek i nauka wymagają, abyśmy zawsze, tłumacząc coś, wyrażali się ściśle, t. j. w sposób nie nastroczający żadnych wątpliwości. Dlatego też i nasze tłumaczenie materji musimy jeszcze nieco uzupełnić, bo określenie powyższe może jeszcze nasuwać pewne wątpliwości.

Możnaby np. powiedzieć, że utwór muzyczny jest przedmiotem, składającym się z dźwięków, czyli że dźwięki są materją. Takie tłumaczenie dopuszczalne jest w mowie potocznej, w nauce jednak **materją nazywamy przedmiot mający wagę** (ciężar), czyli że materją jest wszystko to, z czego składa się jakikolwiek przedmiot ważki.

Poznaliśmy więc najpierwszą ogólną własność materji — ciężar. Dokładniejszego pojęcia o niej nabierzemy wtedy, gdy poznamy inne jej własności. Mówiąc poprzednio o własnościach, przekonaliśmy się, że wiele rodzajów materji pozna-



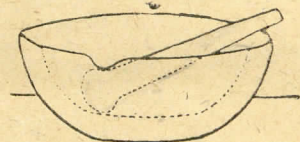
jemy po jej własnościach niezmiennych, t. j. takich, których zmienić nie można. Materja wyróżnia się więc zawsze swemi własnościami i one właśnie stanowią jej istotę. Własności stanowią o istnieniu materji. Jeżeli nie będzie własności, to nie będzie i materji. Wyobraźcie sobie kawałek cukru pozbawiony wszystkich własności, jak ciężar, barwa, smak, twardość; cóż pozostanie? Nic takiego, o czemby można było mówić, a więc nie będzie i cukru. Tylko dzięki własnościom poznajemy, że coś istnieje. Poza własnościami ciał nie istnieje nic takiego, co by miało większe znaczenie i było bardziej oczywiste, niż powyższe własności. Chemja, jako nauka o materji, jest przeto nauką o własnościach. Uczy nas ona poznawania i określania własności ciał, czyli różnych rodzajów materji. Po własnościach tych możemy potem różne rodzaje materji odróżniać.

Wymieńcie np. jakieś własności, po których możnaby poznać jakąkolwiek materję. Np. po czem odróżnicie złoto od srebra i miedzi? Po barwie. Srebro jest białawe, złoto żółte, a miedź czerwona. Żelazo od tych trzech metali odróżnimy także po jego barwie szarawej, którą nazywamy zwykle żelazną. A więc barwa jest również własnością i to taką, po której rozmaite rodzaje materji można odróżniać. Pytanie tylko, czy należy ona do własności zmiennych, czy też niezmiennych. Niejednemu z was przyjdzie zapewne do głowy, że stare kawałki żelaza mają barwę czerwoną, stare zaś przedmioty miedziane bywają zielone. Możnaby stąd wnosić, że barwa jest raczej własnością zmienną. Jednakże uważne zbadanie takich zmienionych kawałków żelaza i miedzi przekona nas, że nie są one zmienione w całości. Z żelaza zeskrobać można czerwoną powłokę, a z miedzi zieloną; pod spodem ujrzemy znów właściwe barwy metali. Ani czerwony proszek, zeskrobany ze starego żelaza, ani zielony z miedzi nie są podobne do metali. Zmianę barwy żelaza i miedzi tłumaczymy tem, że na powierzchni ich utworzyły się jakieś nowe rodzaje materji, pokrywające metal, jak farba pokrywa powierzchnię malowaną drzewa. Powstawanie owych nowych rodzajów materji poznamy w przyszłości, a tymczasem powróćmy jeszcze do barwy.

Przekonaliśmy się, że barwę uważać trzeba za własność

niezmienną, ale widzimy, że należy się wystrzegać, żeby barwy powierzchniowej jakiegoś przedmiotu nie przyjąć za barwę materji, z której on się składa. Najpewniej poznamy barwę materji, krusząc lub rozbijając na kawałki dany przedmiot. Wtedy zobaczymy barwę jego wewnątrz.

Weźmy np. kawałek niebieskiego ciała, zwanego koperwasem miedzianym. Jest on przeświecający i ma pewną postać niezależną od nas. Takie kawałki powstają same przez się, przyjmując kształty foremne; nazywamy je kryształami, i w przyszłości zobaczymy, jak one powstają. Rozbijmy więc ten kryształ niebieski na mniejsze kawałki. I teraz wszystkie mają wciąż jeszcze dawną barwę niebieską. Ale jeżeli rozdabiać je dalej na coraz mniejsze w moździerzu porcelanowym (rys. 1), przekonamy się, że barwa ich staje się coraz jaśniejsza, i otrzymany wkońcu proszek będzie prawie zupełnie biały. Ostatecznie więc barwę niebieską koperwasu miedzianego wytłumaczyć sobie możemy w ten sposób, że składa się on z szeregu bardzo małych cząstek, z których każda ma barwę bardzo słabo niebieskawą. Jeżeli umieścimy dużo takich cząstek obok siebie, to promienie świetlne przenikają kolejno przez każdą z nich, cokolwiek się zabarwiają; barwa światła staje się tem bardziej niebieską, im dłuższą drogę przechodzi ono przez materję kryształu. Coś podobne zauważymy, patrząc pod światło przez szybkę barwną; barwy będą coraz ciemniejsze, gdy złożymy kolejno dwie, trzy lub więcej takich samych szybek. Ciała zabawione w kawałkach małych zawsze mają barwę jaśniejszą, niż w kawałkach dużych. Widzimy tedy, że mówiąc o barwie ciał, należy zawsze dodać, czy mamy na myśli proszek, czy większe ich kawałki. O barwie ciał byłoby do powiedzenia dużo jeszcze rzeczy ciekawych, lecz narazie musimy na tem poprzestać.



Rys. 1.

### III. Materje jednorodne i mieszaniny

4. Przekonaliśmy się, że barwa jest własnością, po której niekiedy rozpoznać można różne rodzaje materji. Zobaczmy teraz, czy oznaczenie barwy ciał zawsze jest tak proste



i łatwe, jak w przykładach rozpatrzonych. Jeśli wam zdala pokażę kawałek granitu—owego kamienia, używanego do brukowania ulic—powiecie, że jest różowy lub niektóre kawałki nazwiecie szaremi. Weźcie jednak ten kamień do ręki i przyjrzyjcie mu się z bliska, a wątpię, czy spostrzeżenie swe potwierdzicie. Zobaczycie teraz, że granit składa się z trzech składników czyli części różnobarwnych: jedne ziarna są czerwone, inne szarawe, niektóre zaś czarne. Czy granit jest materją? Chcąc odpowiedzieć, zapytajmy, z czego się składa. Widzieliśmy, że składa się z trojakiego rodzaju części różnokolorowych. Jeżeli rozbijemy granit na drobne cząstki i wszystkie odrębne części oddzielimy w osobne kupki—czerwoną, szarą i czarną,—to czy każda najdrobniejsza cząstka pozostanie nadal granitem? Nie, granit będziemy mieli tylko wtedy, jeżeli obecne będą wszystkie trzy składniki, gdy wszystkie trzy kupki zmieszamy razem.

Wziąwszy do ręki kawałek cukru, przekonamy się, że w żaden sposób nie uda się nam rozdzielić go na odrębne składniki. Każda najdrobniejsza cząstka pozostanie nadal cukrem. Wiemy już, że cukier jest materją, granit zaś nią nie jest. Ciała takie, jak granit, które po rozdrobnieniu rozdzielić można na części odrębne, nazywają się **mieszaninami**; natomiast takie ciała, jak cukier, których na oddzielne składniki rozdzielić nie można, nazywają się ciałami **jednorodnymi**.

Chemja zajmuje się badaniem ciał jednorodnych, bo gdyby celem jej było również poznawanie mieszanin, nauka jej nie miałaby końca. Bo jeżeli jedne i te same składniki mieszamy w rozmaitych stosunkach, otrzymamy nieskończoną ilość mieszanin. Gdybyśmy chcieli zajmować się każdą z tych mieszanin, nie byłoby temu końca. Wystarcza więc zupełnie, że poznamy tylko poszczególne ich składniki główne. Poznawszy ich własności, naprzód już będziemy wiedzieli, jakie własności będą miały otrzymane z nich mieszaniny. Wiemy np., że przez mieszanie barwy niebieskiej i żółtej otrzymujemy zieloną—ciemniejszą lub jaśniejszą, zależnie od tego, czy więcej dodamy barwy niebieskiej, czy żółtej. W taki sposób odbywa się mieszanie różnych farb w malarstwie. Coprawda na oko trudno jest odróżnić, że farba zielona składa się z żółtej i niebieskiej, ale to tylko dlatego, że cząstki obu

farb są zbyt drobne. Moglibyśmy jednak wykryć je zapomocą mikroskopu; zobaczylibyśmy, że cząstki niebieskie znajdują się obok żółtych. Coś podobnego widzimy, patrząc pod światło przez złożone dwa szkła barwne niebieskie i żółte; powstaje barwa zielona. To samo dzieje się i w farbach mieszanych; gdy światło z cząstek niebieskich przechodzi do żółtych lub odwrotnie, barwi się ono na kolor zielony.

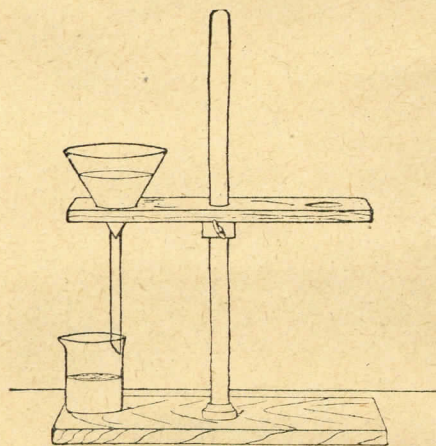
5. Sądząc z granitu lub nawet farb, odróżnienie mieszanin od ciał jednorodnych nie wydaje się zbyt trudne, bo wszystkie składniki mają swą własną barwę, po której je można poznać. Ale często mieszanina składać się może ze składników jednobarwnych. Wtedy musimy szukać innych sposobów wykrycia i oddzielenia składników. Rozpoznając poszczególne składniki granitu, korzystaliśmy z ich własności barwnych; przekonamy się teraz, że w innych wypadkach dla odróżnienia składników korzystać można również z innych własności materji, a nie tylko z barwy. Trzeba tylko te własności znać.

Zmieszawszy łyżeczkę cukru sproszkowanego i łyżeczkę mialkiej kredy, otrzymamy biały proszek, po wyglądzie którego nie poznamy, że zawiera on kredę i cukier; nie możemy ocenić z wyglądu, że jest to mieszanina. Chcąc wykazać obecność cukru w mieszaninie, musimy przypomnieć sobie jego własności. Cukier jest słodki i lepi się po zwilżeniu. Ale nie zawsze można brać do ust mieszaniny, zwłaszcza sobie nieznaną; nieraz mogą one zawierać ciała trujące i wstrętne. Co jeszcze moglibyśmy powiedzieć o własnościach cukru, który codziennie kładziemy do herbaty? Rozpuszcza się on w wodzie i słodzi ją. Kreda nie rozpuszcza się w wodzie i jej nie słodzi. Rozpuszczalność ciał jest też własnością i to bardzo ważną, bo, jak widzimy, jedne ciała są w wodzie rozpuszczalne, inne zaś nie. Możemy zatem z własności tej skorzystać nie tylko w celu rozpoznania ciał, ale nawet i w celu ich oddzielania.

Wsympmy naszą mieszaninę cukru i kredy do szklanki z wodą i dobrze wymieszajmy. Z początku woda jest mętna, lecz po pewnym czasie ustoi się zupełnie; cukier rozpułnął się w wodzie i jest niewidoczny, kreda zaś opadła na dno szklanki. Po zupełnem ustaniu się kredy możemy zlać wodę słodką do innego naczynia, kreda zaś pozostanie w szklance



wraz z pewną jeszcze ilością wody. Możemy ją oddzielić od wody jeszcze dokładniej. W tym celu kartkę białej bibuły składamy w ćwiartkę, a następnie otwieramy ją tak, żeby otrzymać tutkę nakształt lejka. Tutkę taką nazywamy **sączkiem**. Sączek umieszczamy w lejku szklanym i zwiłżamy wodą, potem zaś palcami przyciskamy bibułę, żeby szczelnie przylegała do szkła. Lejek z sączkiem umieszczamy ponad czystą szklanką w umyślnie na ten cel przeznaczonej podstawie (rys. 2). Jeśli teraz mieszaninę kredy i wody słodkiej wylejemy na sączek, to woda przesiąka przez bibułę, kreda zaś na niej się zatrzymuje. Żeby zaś usunąć nawet i te resztki cukru, które zatrzymały się w mokrej kredzie, możemy spłukać sączek czystą wodą, która spłynie do szklanki, unosząc z sobą cukier. W ten sposób można przenieść na sączek również wszelkie resztki kredy, jakie jeszcze pozostały w szklance, spłukując je wodą kilka razy.



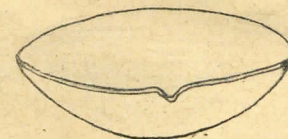
Rys. 2.

Ostatecznie oddzieliliśmy dokładnie wszystką kredę od cukru; kreda znajduje się na sączku, cukier zaś w wodzie przesączonej. Tego rodzaju czynność nazywamy **przesączaniem**. Jeżeli teraz sączek wysuszymy, otrzymamy zpowrotem kredę zupełnie wolną od cukru. I cukier można również wydobyć w stanie czystym; trzeba tylko usunąć wodę. Jeżeli wodę osłodzoną wylejemy na płaską miseczkę porcelanową, zwaną parowniczką (rys. 3), lub na talerz i umieścimy w miejscu ciepłym albo na kominie, to po pewnym czasie woda wyschnie; mówimy że paruje ona, t. j. zamienia się w parę, która uchodzi w powietrze. Cukier zaś nie paruje i pozostaje w parownicy.

**Pytania.** Czy po barwie możemy odróżniać różne rodzaje materji? Co to są mieszaniny? Co to są ciała jednorodne? Co to jest materia jednorodna? Jak dużo może istnieć ciał niejednorodnych? W jaki sposób można oddzielić ciała z mieszanin? Co to jest przesączanie? Jak się robi sączek?

## IV. Roztwory

6. Na zupełne wyparowanie wody z parownicy musieliśmy czekać dość długo. Im w większym cieple ją pozostawimy, tem **szybciej** będzie się odbywać parowanie. Ale ulatnianie się ostatnich resztek wody odbywa się trudno, bo gęsty syrop cukrowy utrudnia parowanie. Nie będziemy jednak czekać, aż ulotni się wszystka woda, bo i tak już widać, że w parownicy jest cukier. Tylko że teraz cukier ma postać drobnych kryształków, choć niewyraźnych, jednak niepodobnych do proszku, któryśmy wzięli na początku. Kryształki te zmieszane są z resztą cukru, obecnego w postaci syropu.

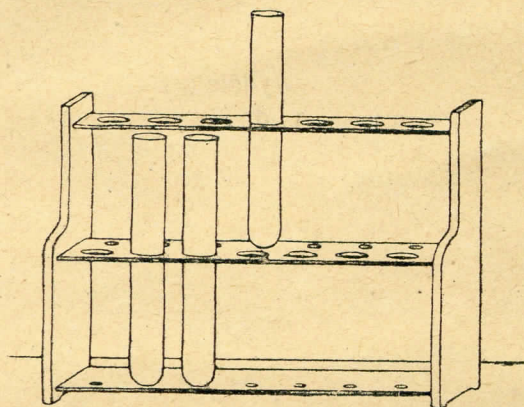


Rys. 3.

Są sposoby otrzymania dużych i pięknych kryształów cukru. Mamy tutaj np. **cukier lodowaty**. Jest to zwykły cukier, lecz mający postać kryształów. Chcąc go otrzymać, rozpuszczamy dużo cukru zwykłego w wodzie gorącej i pozostawiamy w spokoju. Wtedy, po pewnym czasie wydzielają się duże kryształy; mówimy że cukier **wykrystalizował się z wody**. Obejrawszy kryształy cukru lodowatego, przekonacie się, że każdy kryształ otoczony jest gładkimi, równymi ścianami, które powstają podczas krystalizacji. Nie wszystkie ciała są uzdolnione do krystalizowania się, czyli wytwarzania kryształów. Te które zdolność tę posiadają, nazywamy ciałami krystalicznymi, te zaś, które kryształów tworzyć nie mogą, nazywają się niekrystalicznymi. Zdolność tworzenia kryształów jest również własnością materji, po której można wiele ciał rozpoznać i odróżnić. Cukier jest więc ciałem krystalicznym. Używana powszechnie tak zwana mączka cukrowa (faryna, piasek cukrowy) składa się z małych nieprawidłowych kryształków. Obejrzyjcie je przez szkło powiększające, a zobaczycie wyraźnie ich kształt. Cukier w kostkach lub z głowy również składa się z bardzo drobnych kryształków, które stają się widoczne przez szkło powiększające. Są one jeszcze mniej wyraźne i nieprawidłowe z powodu wielkiego ich skupienia i zrastania się.

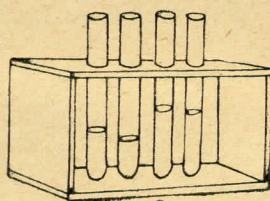


7. Otrzymując cukier lodowaty widzieliśmy, że kryształy jego powstają nie podczas wyparowywania wody, lecz podczas stygnięcia roztworu gorącego. Zauważmy dokładnie, jak się to odbywa. Znać już niebieskie kryształy koperwasu miedzanego. Wrzuciwszy do wody kawałek tego ciała, zobaczymy, że zwolna rozpuszcza się i barwi wodę niebiesko. Doświadczenie to wykonywamy w naczynku szklanym, mającym kształt rurki zamkniętej z jednego końca, i zwanem



Rys. 4.

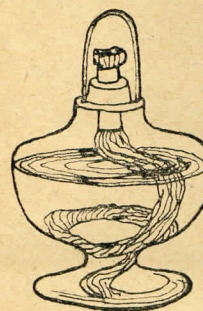
probówką. Chemicy używają zwykle takich probówek do doświadczeń z niewielkimi ilościami ciał. Probówki mają oni zawsze pod ręką i umieszczają je w podstawach drewnianych (rys. 4). Takie podstawki drewniane można zrobić samemu z deszczulek za pomocą laubzegi.



Rys. 5.

Jeszcze łatwiej jest zrobić prostą podstawę z czterech deseczek lub pudełka drewnianego w sposób, pokazany na rys. 5. Są to naczynka bardzo dogodne, bo można w nich nawet gotować wodę w płomieniu lampki lub gazu; nie pękają, gdyż robione są ze szkła bardzo cienkiego, łatwo rozgrzewającego się. Trzeba jednak obchodzić się z nimi ostrożnie. Widzimy, że woda barwi się niebiesko od wrzuconego do niej koperwasu miedzanego, ale on rozpuszcza się w niej bardzo wolno. Jeżeli jednak ogrzejemy probówkę nad lampką spisytusową (rys. 6 i 7), zauważymy, że rozpuszczanie odbywa się znacznie prędzej i cały kawałek koperwasu prędko znika. Dorzucimy jeszcze kawałek koperwasu i ogrzejemy, a ten znów się rozpuści. Dodając coraz więcej koperwasu i ogrzewając przekonamy się, że nareszcie nastanie taka chwila, w której miano ogrzewania, a nawet za-

gotowania wody, koperwas przestanie się już rozpuszczać. W celu rozpuszczenia pozostałej na dnie probówki części nierozpuszczonej dolejmy troszkę wody i pozostawmy na pewien



Rys. 6.

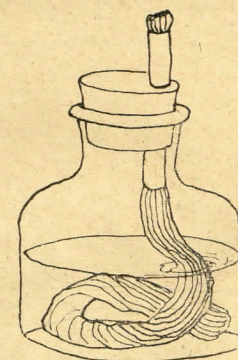
czas w spokoju. Zauważcie, że roztwór ten jest teraz zupełnie przezroczysty. Badając go uważnie spostrzeżecie, że po przestygnięciu zaczynają się w nim zjawiać, jakby wyskakiwać, drobne kryształki i to w ilości coraz większej. Po zupełnem ostygnięciu, kiedy już kryształki przestaną się wydzielać, zlejmy roztwór z ponad nich do innej probówki, a kryształki dobądźmy przecikiem szklanym (rys. 8) na kawałek bibuły. Na bibule obśiąkną one nieco i osuszą się

z wody, a wtedy będziemy mogli dokładnie obejrzeć nowo utworzone kryształki koperwasu miedzanego i rozpatrzyć je przez szkło powiększające.

Widzimy więc, że kryształy tworzą się nie tylko podczas parowania, ale także i **podczas stygnięcia roztworów**.

Z powyższego prostego doświadczenia możemy wysnuć bardzo ciekawe i ważne wnioski, a mianowicie:

W pewnej ilości wody rozpuścić można tylko pewną ilość ciała rozpuszczalnego. Otrzymujemy wtedy roztwór, który składa się z rozpuszczalnika — w przykładzie naszym wody — i z ciała rozpuszczonego. Jeżeli dodamy do wody zimnej tyle ciała rozpuszczalnego, że już więcej ona rozpuścić go nie może, to otrzymamy roztwór „**nasycony**” na zimno. Przy ogrzewaniu roztwór taki rozpuszcza w sobie



Rys. 7.

ciało dalej dotąd, aż, znowu się nim nasyca i przestanie go powtórnie rozpuszczać; wtedy otrzymujemy roztwór **nasycony na gorąco**. Rozumie się,

że gdy taki roztwór ostygnie, to część rozpuszczonego w nim na gorąco ciała wydzieli się zpowrotem i otrzymamy znów



Rys. 8.



roztwór nasycony na zimno i część nierozpuszczoną. Otóż owa część nadmierna wydziela się zwykle w postaci kryształów podczas stygnięcia roztworu.

Tworzenie się kryształów podczas parowania roztworu jest podobne do poprzedniego, bo tutaj woda paruje i tworzy się najpierw roztwór nasycony. Gdy i z niego woda ulatnia się dalej, to ciało rozpuszczone nie może się utrzymać w roztworze i wydziela się w postaci kryształów dopóty, aż wyparuje wszystka woda.

8. Zastanawiając się trochę nad roztworem widzimy, że jest on czemś bardzo szczególnym. Ciało twarde rozpląwa się w wodzie i staje się niewidzialnym dla oka. Nawet i przez najlepszy mikroskop nie dostrzeżemy w roztworze ani oddzielnych cząstek wody ani ciała rozpuszczonego. Przypuszczamy, że np. cukier podczas rozpuszczania dzieli się na cząstki niezmiernie małe i niewidzialne i rozdziela się między cząstkami wody. Roztwór jest tedy jakby mieszaniną obu rodzajów cząstek. Ale mieszanina to szczególna, bo nie dostrzegamy w niej ani jej składników ani też własności tych składników. Wprawdzie roztwór cukru jest słodki jak i sam cukier, ale przecież cukier jest twardy, roztwór zaś jego wygląda jak woda, t. j. jest cieczą; cukier stracił więc swą twardość i po niej rozpoznać go nie możemy. Zmieszawszy piasek z wodą, otrzymamy mokrą papkę, czyli mieszaninę w której łatwo piasek i wodę rozpoznamy i możemy oddzielić. Takie mieszaniny nazywamy niejednorodnymi. Roztwór cukru choć jest także mieszaniną, lecz zupełnie jednorodną; składniki jego są zmieszane w taki sposób że rozdzielić ich łatwo nie można. Dlatego **roztwory nazywamy mieszaninami jednorodnymi**.

Na zakończenie warto zapamiętać, że nie tylko woda rozpuszcza w sobie rozmaite ciała. Rozpuszczalnikami bywają też rozmaite inne ciecze, jak np. alkohol, eter, benzyna i t.d.; rozpuszczają one bardzo wiele ciał takich, które w wodzie często są zupełnie nierozpuszczalne. Lecz woda jest rozpuszczalnikiem najważniejszym, najpospolitszym i bodaj najlepszym, bo rozpuszcza ona ogromną ilość ciał, istniejących w przyrodzie.

**Pytania.** Na czym polega odparowywanie cieczy? Kiedy mogą się tworzyć kryształy? Czy kryształy cukru lodowatego są materją? Do czego służą próbówki? Dlaczego cienkie szkło trudniej pęka? Co to jest roztwór na-

sycony? Jaka różnica zachodzi pomiędzy roztworem nasyconym na zimno i na gorąco? Co się dzieje z cukrem po rozpuszczeniu go w wodzie? Dlaczego go nie widzimy w roztworze? Co to jest roztwór?

## V. Topnienie i zastyganie (krzepnięcie)

9. Widzieliśmy poprzednio, że podczas rozpuszczania w wodzie ciała twarde, albo, jak zwykle mówimy, stałe, przybierają na siebie postać cieczy. Przemianę ciał stałych na ciecze spostrzegać można dość często, a najprostrzym jej przykładem może być topnienie śniegu i lodu w cieple, topienie się różnych metali. np. ołowiu, cyny od rozgrzania. Przemiana ciał stałych na ciecze zawsze wymaga ogrzania. A jeżeli potem ciecze ochłodzić, to zamieniają się one zpowrotem na ciała stałe.

Słyszeliście zapewne, że lód topi się w temperaturze  $0^{\circ}$  i że woda zamarza na lód również w temperaturze  $0^{\circ}$ . Żeby się naocznie przekonać, jak topi się lód, umieścimy termometr w szklance z lodem potłuczonym; po pewnym czasie rtęć w termometrze opadnie do kreski, wskazującej  $0^{\circ}$ . Nie sądzicie, że temperatura  $0^{\circ}$  jest czemś, co już z natury cechuje lód topniejący. Gdy będzie mowa o termometrze, dowiecie się, że właściwie nie temperaturę topnienia lodu oznacza się zapomocą termometru, ale wręcz przeciwnie, zero stopni oznacza się na termometrze według temperatury topniejącego lodu.

Ponieważ zawsze i wszędzie lód topi się w tej samej temperaturze, więc umówiono się, żeby tę temperaturę oznaczyć na skali termometru jako równą zeru. A więc wybór ten jest dowolny, a dokonano go tylko dlatego, żeby temperaturę  $0^{\circ}$  wszędzie łatwo można było ustalić. W istocie idzie tu tylko o temperaturę lodu topniejącego. Zimą zaś temperatura, jak wiecie, opada nieraz znacznie niżej zera. Najniższa temperatura, jaką wogóle zdołano dotychczas osiągnąć, wynosi  $250^{\circ}$ .

Sprawdzając po pewnym czasie stan termometru naszego w lodzie widzimy, że rtęć wciąż stoi na zerze, choć już znaczna część lodu stopniała. Dolejmy teraz do lodu trochę wody z karafki; woda ta ma temperaturę pokojową, wynoszącą około  $10-18^{\circ}$ . Zobaczymy, że od tego temperatura się podwyższy i termometr wskazywać będzie  $3-5^{\circ}$  powyżej zera. Ale jeśli zamieszmą dobrze mieszaninę lodu i wody, i po chwili spoj-



rzymy na termometr, przekonamy się, że znów wskazuje 0°. I tak będzie dopóty, dopóki w szklance będziemy mieli mieszaninę lodu i wody, t. j. dopóki albo nie roztopi się wszystek lód, albo też wszystka woda nie zamarźnie. Jeżeli mieszaninę taką ogrzewać w celu podniesienia temperatury, to roztopi się tyle lodu, ile dodano ciepła, t. j. ile ciepła zostało pochłonięte; jeżeli zaś ciepło odejmujemy, t. j. pozbawiamy wodę jej ciepła, to zamarza tyle wody, ile ciepła odjęto. Wogóle podczas marznięcia wody wydziela się ciepło i zawsze w takiej ilości, jaka bywa pochłaniana, gdy lód topnieje na wodę. Zobaczymy, co by się stało, gdyby te ilości ciepła nie były równe.

Przypuśćmy, że podczas zamarzania pewnej ilości wody wydziela się ilość ciepła, którą wyrazimy przez 80 jednostek, zaś podczas topnienia utworzonego lodu pochłoniętą zostaje ilość ciepła, wynosząca tylko 60 takichże jednostek. Przy każdym zamrożeniu i następem roztopieniu otrzymalibyśmy 20 jednostek ciepła niezużytych, czyli powtarzając zamrażanie i topnienie znaczną ilość razy moglibyśmy otrzymać z niczego dowolne ilości ciepła. W istocie nic podobnego nie zachodzi, a otrzymanie ciepła z niczego jest niemożliwe. To jeszcze bardziej utwierdza nas w przekonaniu, że podczas topnienia lub topienia zawsze ulega pochłonięciu tyle ciepła, ile go uwalnia się podczas zastygania lub zamarzania.

Otóż doświadczenie z lodem przekonało nas, że istnieje pewna ściśle oznaczona temperatura, w której stały lód przemienia się na ciekłą wodę, t. j. topi się. To samo stosuje się nie tylko do lodu, ale i do wszelkich innych ciał topliwych, dzięki czemu możemy wysnuć jako **prawo ogólne** następujący wniosek: każde ciało topliwe topi się w pewnej określonej temperaturze i w tej samej temperaturze zastyga, czyli krzepnie. Każdą temperaturę wyrażamy przez liczbę stopni, czyli przez pewien punkt wysokości rtęci na skali termometru. Możemy więc powiedzieć, że punkt topnienia i punkt krzepnięcia danego ciała są jednakowe. Jest to ta temperatura, w której ciało stałe i ciecz istnieć mogą obok siebie w mieszaninie i w której ciepło dodawane i odejmowane od mieszaniny zużywa się tylko na powiększenie ilości cieczy kosztem ciała stałego lub ilości ciała stałego kosztem cieczy.

Punkt topnienia jest również jedną z własności różnych rodzajów materji, podobnie jak barwa i rozpuszczalność.

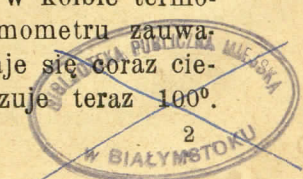
Prawa powyższego nie należy rozumieć dosłownie, t. j. jako czegoś w rodzaju nakazu, czy przepisu. W naukach przyrodniczych niema żadnych nakazów, a prawami nazywamy tylko wnioski z doświadczeń i spostrzeżeń nad wielką ilością ciał i zjawisk.

**Pytania.** Dlaczego lód topi się w temperaturze 0°? Jaką temperaturę ma mieszanina lodu i wody? Czy do stopienia lodu zużywa się ciepło? Czy wszystkie ciała topią się w jednakowej temperaturze? Co to jest punkt topienia ciał?

## VI. Parowanie i wrzenie. Termometr

10. Doświadczenie z lodem topniejącym przekonało nas, że dopóki istnieje mieszanina lodu i wody, dopóty temperatura utrzymuje się na zerze. W pokoju jednak jest ciepło, więc lód zwolna topi się w szklance i wkońcu znika zupełnie. Jeżeli teraz nadal będziemy śledzić stan termometru, zobaczymy, że będzie on wskazywał coraz wyższą temperaturę, a po paru godzinach woda ogrzeje się do temperatury pokojowej. Widzimy więc, że woda stopniowo ogrzewa się do ciepła otaczającego. Prędzej i jeszcze mocniej możemy ją ogrzać, przelewając do innego naczynia i umieszczając na ogniu.

Przekonajmy się naocznie, jak postępuje i dokąd trwa ogrzewanie się wody. Do butelki pękatej ze szkła cienkiego, zwanej **kolbą** chemiczną (rys. 9), nalewamy trochę wody i umieszczamy kolbę nad płomieniem lampki. Do tego celu stosujemy podstawę żelazną trójnożną (trójnóg), umieszczamy na niej siatkę drucianą żelazną, i kolbę z wodą stawiamy na siatce. Chemicy zwykle w taki sposób gotują różne mieszaniny i roztwory w naczyniach szklanych. Siatka druciana ma tu na celu rozproszenie gorąca płomienia ogrzewającego i złagodzenie jego działania na szkło; szkło ogrzewa się w ten sposób równomierniej i łagodniej i nie pęka. Zamiast siatek drucianych często stosuje się kawałki kwadratowe grubej bibuły azbestowej. (Azbest jest to minerał włóknisty, niepalny; z jego delikatnych włókienek wyrabiają liny, papier, bibułę i tekturę ogniotrwałą). Teraz umieszczamy w kolbie termometr i zapalamy płomień. Śledząc stan termometru zauważymy, że rtęć wciąż się podnosi; woda staje się coraz cieplejsza i wreszcie zagotuje się. Rtęć wskazuje teraz 100°.





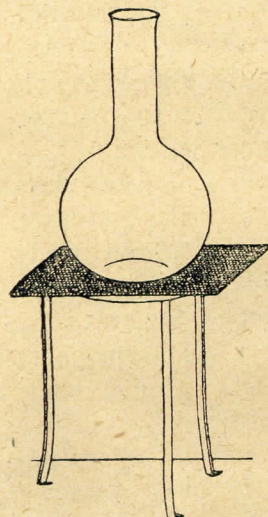
Ale nie obawiajmy się, żeby podniosła się ona jeszcze wyżej. Woda wrze, a termometr wciąż wskazuje  $100^{\circ}$ . I tak będzie dopóty, aż wszystka woda się wygotuje, czyli ulotni się w postaci pary.

Widzimy tedy, że ciepło, dostarczane wciąż przez płomień, zużywa się nie na **coraz mocniejsze ogrzanie** wody, lecz tylko na przemianę jej w parę.

Przypomnijmy sobie, że coś podobnego miało miejsce również podczas topnienia lodu. Ciepło zużywało się tylko na topnienie lodu, a temperatura wynosiła wciąż  $0^{\circ}$ . W obu wypadkach temperatura jest niezmienna dopóki istnieją dwa ciała — woda i lód, woda i para. Podobieństwo wynika tu jeszcze i z faktów dalszych. W poprzednim wypadku temperatura była jednakowa ( $0^{\circ}$ ) zarówno przy zamrażaniu wody jak i topnieniu lodu. W ostatnim zaś temperatura również powinna być jednakowa ( $100^{\circ}$ ) zarówno przy zamrażaniu wody,

na parę, jak i skraplaniu się pary zpowrotem na wodę. Łatwo możemy się przekonać, że tak jest rzeczywiście.

Widzieliśmy, że woda przechodzi w parę i termometr wskazuje wtedy  $100^{\circ}$ . Wyciągnijmy teraz termometr z kolby na chwilę i gdy się nieco ostudzi, a rtęć opadnie niżej  $50^{\circ}$ , wsuńmy go zpowrotem w kolbę, nie zanurzając jednak w wodę, lecz trzymając ponad nią w górnej części kolby. Cóż zauważymy? Oto po chwili kapie z termometru krople wody: to para zgęszcza się na chłodnym termometrze a równocześnie rtęć wznosi się do  $100^{\circ}$ . Woda pochłania ciepło płomienia, wrze i zamienia się na parę, para zaś, zgęszczając się w górnej części kolby na



Rys. 9.

wodę, wydziela ciepło zpowrotem.

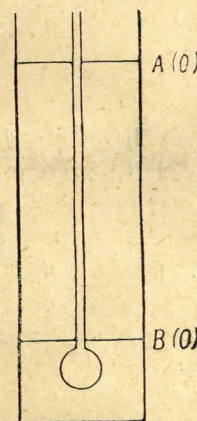
Para wodna jest przezroczysta i dlatego nie dostrzegamy jej w kolbie ani w powietrzu. Białe obłoki pary, dobywające się z parowozów i maszyn parowych, obłoki widoczne na niebie, nie są utworzone z pary; składają się one z bardzo drobnych kropelek, powstających przez zgęszczanie się pary ozię-

bionej. Powietrze jest przezroczyste, a jednak zawiera w sobie zawsze znaczną ilość pary wodnej; ale dopiero skutkiem oziębienia się powietrza tworzy się w nim mgła lub obłoki, powstające z bardzo drobnych kropelek zgęszczającej się na wodę pary.

11. Przekonał się wyżej, że w wypadku wody i pary zachodzi to samo, co i w mieszaninie lodu i wody. Woda i para istnieją obok siebie tylko w określonej temperaturze i dopóki występują one razem, dopóty temperatura ta się nie zmienia. Wiemy już, że temperatura ta wynosi  $100^{\circ}$ . I tutaj znów nie sądźcie, że temperatura  $100^{\circ}$  jest czemś z natury przywiązaniem do wody wrzącej. Nie temperaturę wody wrzącej oznaczamy zapomocą termometru, dla przeciwnie, punkt  $100^{\circ}$  na termometrze wyznaczamy zapomocą wrzącej wody, korzystając z tego, że wrze ona w warunkach jednakowych zawsze w tej samej temperaturze. A więc i wybór tego punktu jest również dowolny, a i liczba 100 jest obrana dowolnie, jak o tem się zaraz przekonamy.

Wyznaczenie powyższych dwóch punktów na termometrze, t. j. punktu, przy którym staje rtęć w temperaturze topniejącego lodu oraz punktu, do którego wznosi się rtęć w temperaturze wrzenia wody, stanowi najważniejsze chwile podczas wyrobu termometrów.

Termometr ma kształt bardzo wąskiej rureczki szklanej, rozszerzonej na jednym końcu w kulkę, którą napełnia się rtęcią, nalewając jej nieco również i do rurki. Jeżeli teraz zanurzyć kulkę z rtęcią w lód topniejący, rtęć skurczy się skutkiem oziębienia i słupek rtęci opadnie do pewnej wysokości i tu się zatrzyma. Poziomą rtęci oznaczają na rurce termometru kreską, przy której umieszcza się liczbę 0. Jeśli termometr ma służyć do mierzenia temperatur poniżej zera, to słupek rtęciowy, wskazujący 0, powinien być wyższy, t. j. do rurki trzeba nalać rtęci więcej (np. do kreski A na rys. 10). O ile zaś termometr przeznaczony jest do mierzenia temperatur powyżej zera, to nalewa się rtęci mniej, np. tyle, żeby poziom rtęci po zanurzeniu rurki w lód przypadał tuż nad kulką (np. przy kresce B).



Rys. 10.



Następnie przystępuje się do wyznaczenia na termometrze drugiego punktu stałego, mianowicie punktu wrzenia wody. W tym celu zanurzamy rurkę z rtęcią do wrzącej wody; rtęć rozszerza się od ciepła i wznosi się w rurce do pewnego poziomu, na którym się zatrzymuje. Na tej wysokości oznacza się drugą kreskę, wskazującą temperaturę wrzenia wody. Po oznaczeniu tego punktu górny otwór rurki szklanej zatapia się w ogniu. Fizyk szwedzki Celsiusz oznaczył temperaturę wrzenia wody przez 100 i odległość pomiędzy zerem i tym punktem podzielił na sto równych części, czyli stopni; w ten sposób powstał termometr o skali stustopniowej Celsiusza (C). Fizyk francuski Réaumur punkt wrzenia wody oznaczył przez 80 i odległość między tym punktem i zerem podzielił na 80 części. Termometr Réaumura bywa używany głównie w życiu domowym, w nauce zaś posługują się na całym świecie wyłącznie tylko termometrem Celsiusza. Termometry domowe mają najczęściej obydwie skale (rys. 11). Sto stopni Celsiusza równają się 80° Réaumura, czyli po skróceniu  $10^{\circ} C = 8^{\circ} R$ , albo  $5^{\circ} C = 4^{\circ} R$ . Możemy to napisać w postaci równania, oznaczając przez  $c$  liczbę stopni Celsiusza i przez  $r$  liczbę stopni Réaumura; otrzymamy wtedy:  $c:r = 5:4$ , czyli  $c = \frac{5}{4}r$ , albo  $r = \frac{4}{5}c$ .

U termometrów, służących do mierzenia temperatur wyższych jak 100°, rurkę szklaną przedłuża się odpowiednio i podziałki zaznacza od 100 do góry. Rozumie się, że warunkiem ważnym przy wyrobie termometrów jest, by rurka ich miała na całej długości jednakową szerokość. Wtedy tylko bowiem odległości pomiędzy kreskami skali mogą być jednakowe.

**Pytania.** Do jakiej temperatury można ogrzać mieszaninę wody i lodu? Dokąd trwa ogrzewanie się wody? Dlaczego para wodna, zgęszczając się, wydzielą ciepło? Jaką barwę ma para wodna? Z czego utworzone są obłoki? W jakiej temp. mogą istnieć obok siebie woda i para wodna? Co oznacza temperatura 100°C? Jak się robi termometr? Ilu stopniom Celsiusza równają się 44° Réaumura, 25°R? Przemienić na stopnie R. 90°C.

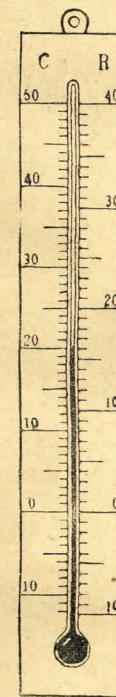
## VII. Stan skupienia ciał

12. Ustaliliśmy zapomocą doświadczenia, że topnienie lodu i wrzenie wody odbywają się w temperaturach ściśle określonych. Z topnienia lodu i zamarzania wody wysnuli-

śmy prawo o topliwości i krzepnięciu ciał w pewnej określonej temperaturze. Wrzenie wody nastręcza nam również wniosek ogólny jako prawo, że wszystkie ciała, tak jak i woda, mają swoje określone temperatury wrzenia. Jednakże prawo to stosuje się tylko do tych ciał, które, podobnie jak woda, składają się z materji jednorodnej, czyli są ciałami jednorodnymi. Woda jest ciałem jednorodnym, bo najdrobniejsza jej część nie przestaje być wodą. Ciała niejednorodne, t. j. mieszaniny i roztwory mają temperatury topnienia i wrzenia zmienne. Jeżeli zagotujemy roztwór wodny cukru lub soli kuchennej, to temperatura podczas wrzenia nie pozostaje wciąż jednakowa, lecz powoli wzrasta w miarę wyparowania wody. Również i topnienie mieszanin zaczyna się w pewnej temperaturze, lecz w miarę topnienia coraz większej ilości mieszaniny temperatura wzrasta. Sprawą tą zajmiemy się jeszcze przy innej sposobności, a teraz powróćmy do ciał jednorodnych.

Wiemy już, że woda jest ciałem ciekłym, które przemienić można na ciało stałe—lód i gazowe—parę. Wszystkie te trzy postaci, pod którymi woda może istnieć—stałą, ciekłą i gazową—nazywamy **stanami skupienia**. Nazwa ta pochodzi z wyobrażenia, że wszystkie ciała są zbudowane, jakby skupione z bardzo drobnych cząstek, ułożonych obok siebie w rozmaity sposób. Cząstki te nazywamy **cząsteczkami**. Różnicę pomiędzy ciałami stałymi, ciekłymi i gazowymi wyobrażamy sobie w ten sposób, iż przypuszczamy, że u ciał stałych cząsteczki znajdują się bardzo blisko siebie, u cieczy są one bardziej od siebie oddalone, zaś u gazów znajdują się na odległości bardzo znacznej.

Cząsteczki są niezmiernie małe, niewidzialne zarówno gołym okiem, jak i przez najlepsze mikroskopy. Zarówno o samych cząsteczkach, jak i o tem, w jaki sposób one są w ciałach ułożone, dotychczas nic nie wiemy, istnienia ich wszakże domyślamy się z wielu własności ciał. Wszystkie np. ciała są ściśliwe, t. j. pod wpływem ściskania objętość ich się zmniejsza. Gazy dają się ścisnąć najłatwiej, t. j.



Rys. 11.



objętość ich może być skutkiem ściskania wybitnie zmniejszona. Dlatego to sądzimy, że cząsteczki są w nich bardzo daleko od siebie oddalone i że ciśnienie zbliża je znacznie do siebie, a nawet tak dalece, że można skroplić gazy na ciecz. Ciała ciekłe dają się ścisnąć już tylko nieznacznie, widocznie więc odległości między cząsteczkami są u nich niewielkie. Wreszcie najmniej ściśliwe są ciała stałe; sądzimy więc, że cząsteczki znajdują się w nich tuż obok siebie. Jak widzimy, o istnieniu cząstek sądzimy z różnych spostrzeżeń nad własnościami ciał, ale że ich nie widzimy bezpośrednio, przeto **musimy uważać cząsteczki tylko za wyobrażalne jednostki, z których zbudowane są ciała.** Przypuszczenie o istnieniu cząsteczek nazywamy **hipotezą cząsteczkową.**

W nauce często posługujemy się **hipotezami**, czyli przypuszczeniami, powziętymi na zasadzie zauważonych faktów i zjawisk. Hipotezy nie stanowią jeszcze prawdy istotnej, t. j. nie dają pojęcia o rzeczywistym stanie rzeczy, lecz dają możliwość łatwiejszego zapamiętania i zrozumienia istniejących stosunków. Mają one też i tę dobrą stronę, że zmuszają do szukania i sprawdzania, czy powzięte na ich podstawie domysły lub tłumaczenia zjawisk w rzeczywistości się sprawdzają. Prowadzi to ostatecznie do zubożenia zasobu naszych wiadomości i zbliża nas do prawdy. Jeżeli jakaś hipoteza naukowa okaże się niedostateczną lub błędną, wówczas podlega ona rozszerzeniu i ulepszeniu, albo zostaje zupełnie odrzucona, a miejsce jej może zająć inna, lepiej tłumacząca wszystkie spostrzeżenia. Hipoteza cząsteczkowa okazała się bardzo pożyteczną i przyzwyczailiśmy się do niej tak bardzo, że odrzucenie jej wywołałoby wiele trudności.

13. Zastanówmy się teraz nieco bliżej nad różnicą, zachodzącą pomiędzy ciałami stałymi, ciekłymi i gazowymi. Już na pierwszy rzut oka spostrzegamy, że ciała stałe zachowują nadany im lub naturalny swój kształt. Jest to cecha ważna, bo pomyślcie, co by się stało, gdyby ciała stałe nagle przestały zachowywać swój kształt. Belki, cegły i kamienie budynków rozpadłyby się; nożem nie możnaby krajać; ciecz nie utrzymałaby się w naczyniach, gdyby kształt naczyń był zmienny. Już zewnątrz więc ciała stałe różnią się od cieczy zachowywaniem swego kształtu. Ciecze zaś kształtów swych nie zachowują, gdyż ich wogóle nie mają; można je

nalewać do jakichkolwiek naczyń i za każdym razem będą miały kształt tej części naczynia, w której się znajdują.

Prócz tego zachowanie kształtu u ciał stałych wyraża się też w twardości, którą odrazu wyczuwamy przy dotknięciu. Możemy więc powiedzieć, że twardość jest ogólną własnością ciał stałych; często też, mówiąc o ciałach stałych, używamy wyrazu ciała twarde. Ciecze twardości nie posiadają, a przy dotknięciu lub ucisku rozstępują się, zwilżając zwykle rękę. Możemy stąd wnosić, że twardość zależy od siły, łączącej cząsteczki ciała. Siłę tę nazywamy **spójnością**. Żeby cząsteczki ciała oddzielić od siebie, trzeba pokonać siłę spójności przez użycie pewnej siły. Im ciało jest twardsze, tem trudniej jest siłą spójności pokonać, bo jest ona tem większa. Tymczasem u cieczy dzieje się inaczej. Oddzielenie części cieczy od reszty wcale nie jest trudne, bo tutaj spójność między cząsteczkami jest niewielka. Część wody łatwo oddzielimy od reszty przez zwykłe odlanie, chcąc zaś odlupać kawałek lodu od bryły, trzeba użyć znacznej siły.

Siłę spójności cząsteczek można jednak pokonać w inny jeszcze sposób. Wiemy już, że lód w cieple topi się na wodę, a twarde metale roztopić można na ciecz przez ogrzanie. Po ostygnięciu, t. j. z chwilą, gdy przestaniemy je ogrzewać, zastygają one zpowrotem na ciała stałe. Dowodzi to tego tylko, że chwilowy lub trwały stan ciała zależy tylko od temperatury: poniżej swego punktu topnienia ciało jest stałym, powyżej zaś tego punktu przemienia się na ciecz. I tak dzieje się ze wszystkimi ciałami; jedne z nich topią się w temperaturze bardzo wysokiej — i te są w warunkach naszych (zwykłych) ciałami stałymi, inne zaś twardą, czyli zastygają w temperaturach bardzo niskich — i te są ciałami ciekłymi. Ponieważ istnieje wielka mnogość ciał, które topią się i tężeją w rozmaitych temperaturach, przeto z tego możemy wnosić, że granice tych temperatur są bardzo rozległe. I gdyby np. istniejąca obecnie temperatura bardzo znacznie została podwyższona, to część ciał istniejących uległaby stopieniu, reszta zaś o wyższych punktach topnienia pozostałaby stałą.

Jeśli teraz ktoś chciał zapytać, dlaczego wszystkie ciała nie topią się i nie krzepną w jednakowych temperaturach, ten niech przypomni sobie, że przecież nie wszystkie ciała zbudowane są z jednakowej materji. Jest dużo rodza-



jów materji, a każdy z nich cechuje się swemi własnościami odrębnymi; również i zachowanie się każdego z tych rodzajów materji względem ciepła, t. j. ich punkty topnienia i krzepnięcia, jest ich własnością odrębną. Nie zaprzatajmy sobie teraz głowy pytaniem, od czego ta własność zależy, bo żeby znaleźć na to odpowiedź, musimy pierwszej poznać szereg innych własności i zjawisk.

Teraz zastanówmy się nad różnicą pomiędzy cieczami i gazami. Nalewając wodę do naczynia spostrzegamy, że spływa ona na dno i, zależnie od ilości, wypełnia mniejszą lub większą część naczynia. Z gazem dzieje się inaczej. Wpuszczony do próżnego naczynia, gaz rozprzestrzenia się po całym naczyniu, nie bacząc na to, czy wpuścimy go mniej, czy więcej. Prócz tego między cieczą i gazem zachodzi jeszcze różnica, wynikająca z rozmaitej ściśliwości, o której już mówiliśmy (str. 21). Zależnie od objętości naczynia można nalać w nie pewną ściśle określoną ilość cieczy. Nadmiar cieczy dolanej przeleje się przez brzegi naczynia; w naczyniu nie zmieści się więcej cieczy, choćbyśmy nawet wywierali na nią największe ciśnienie w celu zmniejszenia objętości cieczy; ciecze są bowiem ściśliwe w stopniu bardzo nieznacznym. Inaczej z gazem. Do naczynia określonej objętości można wpuścić bardzo znaczne objętości gazu. Coprawda nie udaje się to bez wysiłku. Początkowo gaz wchodzi do naczynia próżnego swobodnie, ale chcąc go wpuścić coraz więcej, trzeba go wtłaczać siłą, czyli zastosować ciśnienie.

Wypowiadając się więc ostatecznie o cieczach, mówimy, że są to ciała, nie mające określonych kształtów, lecz zajmujące pewną przestrzeń, czyli określoną objętość bez względu na postać, jaką im nadamy. Np. litr wody zawsze będzie zajmował objętość litra bez względu na kształt i wielkość naczynia, w które go wlejemy. Gazy zaś nie mają kształtu określonego i nie zajmują określonej objętości. Rozprzestrzeniają się one w przestrzeni dopóty, aż ją całkowicie wypełnią. Ciecze przybierają kształty tylko tej części naczynia, w której się znajdują, gazy zaś przybierają całkowicie postać naczynia, ponieważ je całkowicie wypełniają.

**Pytania.** Jakie są stany skupienia ciał? Jak zbudowana jest materja ciał? Jak wielkie są cząsteczki? Co to jest ściśliwość ciał? Które z ciał są najbardziej ściśliwe i dlaczego? Dlaczego cząsteczki w ciałach nie rozlecają

się? U jakich ciał cząsteczki mogą się rozlecieć? Co to są cząsteczki? Co to jest hipoteza? Jaka jest różnica pomiędzy ciałami stałymi, ciekłymi i gazowymi? Co to jest spójność? Jak można rozluźnić związek cząsteczek w ciałach? Dlaczego ciała nie topią się i nie zastygają w jednakowej temperaturze?

## VIII. O ciałach krystalicznych

14. Jest jeszcze jedna ważna cecha, która ciała stałe wyróżnia z pośród ciał ciekłych i gazowych: ciała stałe nie tylko zachowują kształty im nadane, ale bardzo często samostannie dążą do przybierania pewnych ściśle określonych kształtów symetrycznych. Dzieje się to wtedy mianowicie, gdy ciała stałe wytwarzają **kryształy**.

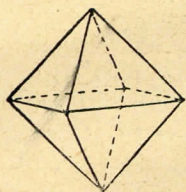
Widzieliśmy już wyżej, że kryształy kopperwasu miedzianego powstają podczas stygnięcia roztworu nasyconego albo też wydzielają się z roztworu podczas parowania wody. Tak samo zachowuje się wiele innych ciał rozpuszczalnych. Kryształy powstają też często z cieczy podczas oziębiania, t. j. gdy ciecze przechodzą w stan stały. Krople wody, marznąc w przestrzeni powietrznej, tworzą kryształki lodu, znane jako gwiazdki śniegowe. Wreszcie wiele ciał, stopionych przez ogrzanie, przybiera postać krystaliczną podczas stygnięcia.

Ogólnie więc powiedzieć możemy, że kryształy tworzą się wtedy, gdy ciała stałe wydzielają się z roztworów lub też gdy materja ze stanu ciekłego przechodzi pod wpływem oziębiania w stan stały.

Nie wszystkie ciała stałe mogą tworzyć kryształy. Te, które zdolność tę posiadają, nazywamy **ciałami krystalicznymi**, te zaś, które jej nie okazują — **niekrystalicznymi**. Postaci prawidłowe, przyjmowane przez ciała krystaliczne i okolone równymi płaszczyznami, czyli ścianami, nazywają się **kryształami**. Liczba ścian u kryształów bywa rozmaita, a ich tworzenie się nie zależy od naszej woli, lecz odbywa się zupełnie samorzutnie i zależy od własności materji danego kryształu. Zdolność przybierania postaci krystalicznych jest również jedną z własności materji, po której różne rodzaje materji mogą być wzajemnie odróżniane. Po postaciach krystalicznych można często rozpoznać rozmaite ciała i nawzajem je odróżnić. Naprz. sól kuchenna i alun po roztarciu mają wy-



gląd proszku białego i na oko nie dają się odróżnić. Po rozpuszczeniu w wodzie można z nich otrzymać kryształy: sól zawsze tworzy przezroczyste kostki (sześciiany), alun zaś ośmiościany, po których obydwie te ciała z łatwością odróżnimy.



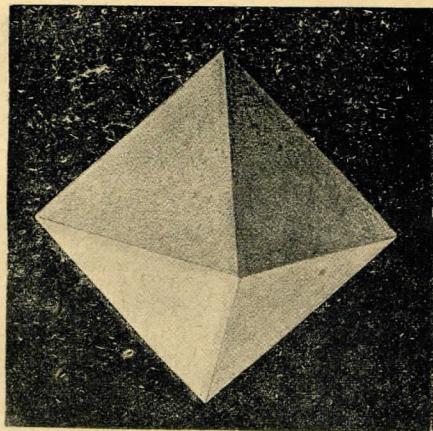
Rys. 12.

Ciało, któremu postać kryształu nadamy sztucznie, nie będzie kryształem; np. szkło nie jest ciałem krystalicznym i choć mu przez oszlifowanie nadamy postać najbardziej foremną i zbliżoną do kryształu, nie przemienimy go przez to w ciało krystaliczne. Takie sztuczne kryształy nazywamy modelami kryształów i używamy często do nauki o kryształach. Robią je także z drzewa, gliny, chleba i t. d.

W czym więc tkwi istota ciała krystalicznego?

Dowiemy się tego najlepiej, badając przebieg tworzenia się kryształów i rozmaite ich własności.

15. Przyrządźmy w sposób opisany na str. 12 nasycony na gorąco roztwór alunu zwykłego i zawiesimy w nim nitkę lub włos. Podczas stygnięcia roztworu wydzielają się z niego kryształy alunu, które skupiają się na nitce. Po ostygnięciu roztworu wyciągamy nitkę z kryształami i osuszamy je na bibule, poczem wybieramy z pośród kryształów najpiękniejsze i najrówniejsze, t. j. najlepiej wykształcone. Mają one postać ośmiościanu, wyobrażoną na rys. 12 i 13.

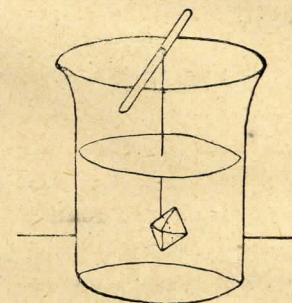


Rys. 13. Ośmiościan.

Taki okazowy kryształek uwiązujemy na nitce lub włosie i zawieszamy w nasyconym na zimno roztworze alunu (rys. 14). Roztwór alunu powinien być przesączony przez bibulę w sposób, pokazany na rys. 2.

Naczynie z roztworem pozostawiamy na pewien czas w miejscu chłodnym w zupełnym spokoju, zdala od wszelkich wstrząśnięć, obserwując co pewien czas przebieg krystalizacji. Zawieszony kryształ, stopniowo powiększa się, rośnie, zachowując często swe kształty prawidłowe. Rośnie on dlatego, że cząsteczki rozpuszczonego w wodzie alunu, przyciągane przez większy kryształ, osiadają równomiernie na jego ścianach. Siłę, utajoną wewnątrz kryształu, zniewalającą cząsteczki alunu do skupiania się w kryształ, nazywamy **siłą krystalizacyjną**.

Łatwo zrozumieć, że w miarę powiększania się kryształu ilość alunu w roztworze zmniejsza się, choć równocześnie i woda częściowo paruje z roztworu. Nadchodzi jednak taka chwila, w której kryształ przestaje rosnąć skutkiem wyczerpania się alunu z roztworu. Jeżeli jednak teraz przeniesiemy kryształ do świeżego nasyconego roztworu alunu, to będzie on rósł dalej. W ten sposób wielkość kryształów można doprowadzić do znacznych rozmiarów.



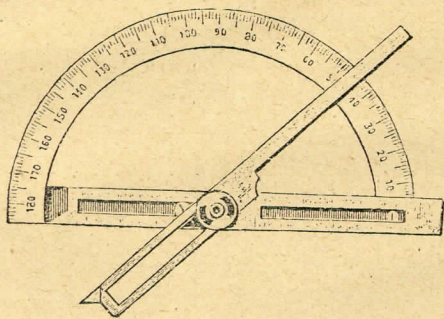
Rys. 14.

W taki sam sposób spróbujcie wychodować również piękne kryształy soli kuchennej, niebieskie kryształy koperswasu miedzanego, fioletowe alunu chromowego, bezbarwne saletry, sody, soli gorzkiej, soli glauberskiej i t. d. Na takich okazach poznacie wiele własności kryształów.

Kryształy piękne i prawidłowe mogą powstawać wtedy tylko, gdy krystalizacja odbywa się w przestrzeni swobodnej i gdy materia dopływa do kryształu równomiernie ze wszystkich stron. Jeżeli nasz kryształ alunu urośnie do rozmiarów szklanki, płaszczyzny jego zetkną się ze ścianami szklanki i utraci on swój piękny kształt. To samo będzie, jeśli kryształ nie będzie wisiał w roztworze, lecz będzie leżał na dnie szklanki; wtedy wykształci się on tylko z tych stron, gdzie nie styka się ze szkłem. Piękne, sześciokątne gwiazdki śniegowe są wykształconymi dobrze w przestrzeni wolnej kryształkami lodu. Wzory paprociowate, tak zwane kwiaty lodowe, widoczne w zimie na szybach, są także kryształkami lodu; nie widzimy na nich jednak ani prawidłowości i syme-



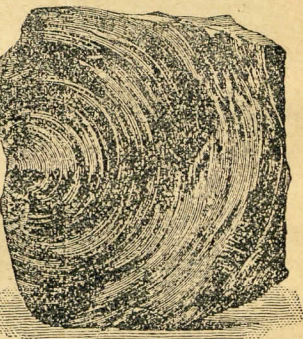
tryczności ani płaszczyzn gładkich i równych, bo tworzyły się pędko i są skupione zbyt ciasno obok siebie; kryształ, rosnący w masie, nigdy nie są dobrze wykształcone. Dlatego to w przyrodzie kryształ zupełnie prawidłowe zdarzają się bardzo rzadko.



Rys. 15.

i odróżnić. Otóż najważniejszą własnością kryształów, jest tylko nachylenie wzajemne ich płaszczyzn, czyli ścian okalających kryształ. Czy kryształ alunu np. będzie mały, czy wielki, czy zupełnie prawidłowo wykształcony, czy też z jednego końca skażony lub odtracony, to jednak jego ściany będą zawsze nachylone do siebie jednakowo, t. j. kąt pomiędzy temi ścianami zawarty i przez ich nachylenie utworzony, zawsze będzie jednakowy. Jeżeli więc mamy źle wykształcony kryształ alunu, w którym na oko ośmiościanu rozpoznać nie możemy, to musimy uciec się do zmierzenia kąta między ścianami, czyli wzajemnego nachylenia tych ścian.

Do tego celu używa się przyrządu, zwanego kątomierzem (rys. 15). Ściany kryształ, pomiędzy którymi mamy zmierzyć kąt, przykładają się do linii poziomej i ruchomej linijki podłużnej. Przeciwny koniec tej linijki wskazuje wtedy wielkość kąta, wyrażoną w stopniach na skali podzielonej półkola. Zmierzywszy kąty różnych kryształów



Rys. 16.

Ale postać zewnętrzną, t. j. prawidłowość kształtów i wielkość kryształów nie są ważnymi cechami ciał krystalicznych. Nawet nieprawidłowe i skupione w masie kryształ mają swe cechy charakterystyczne, po których je możemy rozpoznać

małych i dużych, prawidłowo wykształconych i skażonych, przekonamy się najlepiej o stałości kątów.

16. Zapomocą badania kryształów ustalić możemy inne jeszcze ważne cechy ciał krystalicznych. Rozbijmy młotkiem kawałek szkła na drobne kawałki. Żaden z nich nie będzie podobny do drugiego, wszystkie będą nieforemne i o kształtach zupełnie dowolnych i przypadkowych. Na kawałkach tych nie zauważymy płaszczyzn gładkich, równych i prawidłowych, ale raczej wypukłe i wklęsłe, niekiedy prążkowane. Dużo ciał twardych przy rozbiciu lub złamaniu pęka, tworząc takie płaszczyzny nieprawidłowe, przypominające niekiedy powierzchnie muszli. Np. twarda smoła, kałafonja, lak złamany tworzą powierzchnie muszlowe. O ciałach takich mówimy, że mają **przełam muszlowy**. Są to ciała niekrystaliczne, t. j. nie tworzące kryształów. Na rysunku 16 pokazany jest przełam muszlowy minerału, zwanego obsydjanem.

A teraz uderzymy młotkiem przezroczysty kryształ soli kuchennej. Zauważymy, że rozpada się on na drobne części, z których wszystkie mają postać takich samych małych kryształków sześciennych, okolonych lśnąciami i równymi płaszczyznami. Kryształ soli łupią się bynajmniej nie dowolnie, lecz w sposób ściśle określony, mianowicie wzdłuż wszystkich sześciu ścian sześcianu. Dlatego przy uderzeniu wyłupują się z nich zawsze małe kostki.

Większość kryształów ma swoje określone kierunki łupliwości, co możecie ustalić, rozbijając po jednym z otrzymanych przez was kryształów. Bardzo wyraźnie łupliwość zaznacza się też u kryształów kalcytu, czyli krystalicznego węgla wapniowego, galeny (zob. o nich niżej) oraz wielu innych minerałów. Rozbicie lub przełamanie ciała jest przewyciężeniem oporu, stawianego przez spójność cząsteczek danego ciała. Jeżeli więc niektóre ciała łupią się prawidłowo w pewnych warunkach; to widocznie i spójność pomiędzy ich cząsteczkami jest w tych kierunkach zawsze jednakowa, podczas gdy w kierunkach innych spójność może być większa lub mniejsza. Weźmy np. blaszkę minerału, zwanego **miką**. Ostrzem nożyka możemy ją rozdzielić na szereg cieńszych blaszek, gdyż spójność między cząsteczkami miki jest w tym kierunku (prostopadłym do płaszczyzny blaszki) bardzo mała. Ale jeśli zechcemy rozerwać blaszkę wzdłuż, to przekonamy



się, że będzie to wcale nie łatwe. To dowodzi, że spójność cząsteczek wzdłuż blaszki jest o wiele większa. W podobny sposób zachowują się wszystkie ciała krystaliczne i dlatego powiedzieć możemy, że spójność między cząsteczkami ciał krystalicznych w różnych kierunkach bywa rozmaita.

Co zaś dotyczy ciał niekrystalicznych, to te od uderzenia rozpadają się na części o kształtach dowolnych i nieforemnych dlatego, że spójność między ich cząsteczkami jest jednakowa we wszystkich kierunkach.

Spójność jest własnością fizyczną kryształów. To samo, co o spójności powiedzieć można również o wszelkich innych własnościach fizycznych kryształów: przewodnictwie światła, ciepła, elektryczności. Światło i ciepło rozprzestrzeniają się w ciałach krystalicznych z szybkością niejednakową w różnych kierunkach; przez ciała niekrystaliczne, np. przez szkło, światło biegnie we wszystkich kierunkach z szybkością jednakową.

Fakty powyższe pozwalają nam wnioskować, że kryształy mają swą ściśle określoną **budowę**; cząsteczki ich muszą być ułożone obok siebie w pewien sposób szczególny, który uzewnętrznia się przedewszystkiem w postaci kryształów, a następnie i we wszystkich ich własnościach. Ciała niekrystaliczne takiej szczególnej budowy nie posiadają; cząstki ich muszą być ułożone obok siebie zupełnie jednakowo we wszystkich kierunkach.

**Pytania.** Jaka jeszcze cechą szczególną wyróżniają się ciała stałe? Kiedy mogą się tworzyć kryształy? Coto są ciała krystaliczne? Dlaczego warto poznawać kryształy? Jak można otrzymać kryształy alunu lub innych ciał? Jakie warunki są potrzebne do tworzenia się kryształów? Dlaczego prawidłowość postaci nie jest ważną cechą ciała krystalicznego? Jaka jest różnica pomiędzy małym i dużym kryształem alunu albo tego samego ciała krystalicznego? Co u kryształów jest najważniejsze? Jak się mierzy kąty w kryształach? Jak łupią się kryształy, a jak ciała niekrystaliczne? Co to jest przełam muszlowy? Jak są zbudowane kryształy? Po czem można odróżnić ciało krystaliczne od niekrystalicznego?

## IX. O zjawiskach

17. Poświęciliśmy nieco więcej czasu na bliższe zapoznanie się z materją i wiemy już, że występuje ona w rozmaitych odmianach, przyoblekając się w szatę niezliczonej mnogości ciał, istniejących w przyrodzie w trzech stanach skupie-

nia — stałym, ciekłym i gazowym. Najprostsze doświadczenia życiowe — nasze codzienne spostrzeżenia — wskazują nam, że żadne ciało nie zachowuje się w stanie niezmiennym i rzadko kiedy pozostaje na swoim miejscu. Dostrzegamy, że ciała poruszają się z miejsca na miejsce samodzielnie lub za pośrednictwem ciał innych i człowieka, kruszą się, topnieją, parują, rozpuszczają się, łączą się z innymi lub rozpadają na swe części składowe. Zmiany takie dostrzegamy zarówno w świecie ożywionym, jak w przyrodzie martwej; słowem nie masz nic trwałego, wszystko, choć nieraz bardzo powolnie, zmienia się i przeistacza.

Wszędzie zmiany, zachodzące z ciałami, bez względu na to, czy są chwilowe tylko i krótkotrwałe, czy też stałe, oraz nie bacząc na to, czy są mniej lub bardziej doniosłe i jak, wywierają skutek, nazywamy w nauce **zjawiskami**. Wokół nas odbywają się nieustannie zjawiska najprzeróżniejsze: życie i czynności istot żywych, ruch wiatrów, bieg wód i działanie ich na powierzchni ziemi, ruch wszelkiego rodzaju ciał i przedmiotów, ruch słońca, księżyca i gwiazd i t. d.

Wśród nieskończonej różnorodności zjawisk będziemy jednak mogli dostrzec pewną różnicę, jeśli zadamy sobie pytanie: jaki skutek wywierają one na materję ciał? Weźmy np. zwykłą szklankę i przestawmy ją z jednego miejsca stołu na inne: za naszym pośrednictwem szklanka wykonała ruch w przestrzeni i zmieniła miejsce, czyli położenie swe względem przedmiotów otaczających, ale pozostała tem, czem była; ani kształt jej, ani materja, czyli szkło nie doznały żadnej zmiany skutkiem tego ruchu. Zsuńmy teraz szklankę na brzeg stołu i pozwólmy jej przechylić się: spada wtedy na podłogę, ciągniona siłą ciężenia, i rozbija się na kawałki. Skutkiem rozbicia szklanka straciła swój kształt i przestała istnieć, ale istnieje nadal materja, z której była zrobiona, mianowicie szkło w postaci okruchów. Można by go stopić w ogniu i znów zrobić z niego szklankę lub jakiś inny przedmiot szklany. Ruch, upadek na podłogę, rozbicie na kawałki, stopienie szkła i nadanie mu innych kształtów — oto przykłady zjawisk, jakie w tym wypadku zaszły, lecz żadne z nich nie zmieniło materji szkła; szkło zawsze pozostawało szkłem.

Sięgnijmy po inny jeszcze przykład. Mamy tutaj cienki drucik z metalu, zwanego platyną. Metal to niepozorny, szary,



z pozoru do stali podobny, ale wyróżnia się niezwykłą odpornością na ogrzewanie. W płomieniu rozrzuca się on prawie do białości, a po wyjęciu z płomienia stygnie i nie zdradza żadnej zmiany. Możemy go tak kolejno rozżarzać i studzić dowolną ilość razy, a przekonamy się, że platyna wcale się przytem nie zmienia i nie nie traci ze swych dawnych własności; drucik błyszczy i ma barwę taką, jak i przedtem.

A teraz zrobmy to samo doświadczenie z drutem **żelaznym** świeżym i błyszczącym. Rozżarzy się on również do czerwoności, ale gdy go z ognia wyjmemy, zobaczymy, że po ostygnięciu zczerniał i już nie błyszczy, jak przedtem. Po kilkakrotnem lub dłuższem ogrzewaniem w ogniu drut nabiera barwy czerwono-czarnej i staje się tak kruchy, że od zgięcia rozpryskuje się na drobne łuski, albo też odpryskują z powierzchni jego łuski. czerwone, trochę podobne do rdzy. Coś podobnego możemy zauważyć w kuźni: gdy kowal rozgrzewa żelazo w ogniu do czerwoności, a potem kuje go młotem, odpryskują rozżarzone cząstki, które po ostygnięciu leżą obok kowadła na ziemi w postaci łusek czerwonych; nazywają je zendrą żelazną, czyli żelazem spalonym.

Porównywując błyszczące żelazo z owemi czerwonymi łuskami żelaza spalonego widzimy, że wszystkie własności żelaza metalicznego gdzieś się naraz podziały: ani połysku metalicznego, ani dawnej barwy, ani kowalności; przeciwnie, mamy przed sobą ciało kruche wszelkich cech metalu pozbawione.

18. Jest jeszcze jeden ciekawy metal barwy szaro-srebrzystej, zwany **magnezem**. Magnez (nie sądźcie, że metal ten ma coś wspólnego z magnezem, przyciągającym żelazo) oczyszczony na powierzchni lub zeskrobany ma ładny połysk srebrzysty; sprzedają go w postaci drutu lub taśmy w składach przyborów fotograficznych. Wprowadźmy koniec drutu magnezowego w płomień, a gdy tylko dostatecznie się rozgrzeje, nie topi się, lecz zaczyna płonąć oślepiającem światłem białem i płonie aż do zupełnego spalania się, pozostawiając zamiast metalu biały, pulchny proszek. Proszek ten w niczem nie przypomina dawnego metalu; materja magnezu przez spalanie zupełnie się przeistoczyła (ten proszek biały nazywamy magnezją paloną).

Okazuje się więc, że zjawisko ogrzewania rozmaicie wpły-

wa na metale. Platyna zupełnie się w ogniu nie zmienia, żelazo przeistacza się w twarde łuski czerwone, które już nie mają własności metalu, wreszcie magnez spala się całkowicie na biały proszek. A więc materja platyny od ogrzewania nie ulega żadnej zmianie, materja żelaza i magnezu traci swoje dawne własności i przeistacza się w jakieś nowe rodzaje materji o własnościach innych, zupełnie do dawnych niepodobnych.

Możemy wykonać inne jeszcze proste doświadczenia również pouczające. Kawałek **siarki** laseczkowej potrzymajmy o rękaw ubrania wełnianego i zbliżmy do drobnych papierków: zaczynają one podskakiwać ku siarce i niektóre zostaną przez nią zupełnie przyciągnięte. Tak samo zachowują się przy pocieraniu również ciała inne, np. bursztyn, kauczuk, lak. Po pewnym czasie papierki przyciągnięte odpadają zpowrotem. Od natarcia ciała powyższe elektryzują się i nabierają czasowo nowej własności przyciągania drobnych przedmiotów, lecz materja ich przytem żadnej zmiany nie ulega. Nie dostrzegamy, aby siarka, bursztyn, kauczuk i lak od natarcia w czemkolwiek się zmieniły, pozostają one tem, czem były.

Lecz spróbujmy teraz ogrzać kawałek siarki w płomieniu. Zapala się ona bardzo łatwo i płonie blado-niebieskim płomieniem. Jeżeli pozwolimy jej płonąć swobodnie, to wkońcu spłonie doszczętnie i gdzieś się podziewa. Płonąc, siarka przeistacza się w gaz bezbarwny, którego obecność uczuwamy po silnym duszącym zapachu. A zatem zjawisku palenia się siarki towarzyszy gruntowne przeobrażenie się jej materji; zamiast stałej, żółtej siarki mamy teraz gaz bezbarwny i duszący.

Teraz już pora jest wysnuć wniosek ostateczny z doświadczeń wykonanych. Wszystkie te zjawiska, podczas których materja ciał nie doznaje żadnych przeistoczeń, nazywamy **zjawiskami fizycznymi**; zjawiska, którym towarzyszy gruntowna zmiana, czyli przeistaczanie się materji ciał, nazywamy **chemicznymi**. Podział ten ma znaczenie przeważnie tylko praktyczne, gdyż może on wskazywać, którymi zjawiskami może się zajmować fizyka, a którymi chemja. Elektryzowanie się siarki od potarcia jest zjawiskiem fizycznym, bo siarka zostaje niezmienną. Badaniem elektryczności zajmuje się przeważnie fizyka, choć i chemja się tego nie wyrzeka. Palenie się siarki jest zjawiskiem chemicznem, bo siarka przy-



tem przeobraża się w gaz o zupełnie innych własnościach. Szczegółowe poznanie tego zjawiska pozostawiono chemji. Również i ogrzewanie platyny jest zjawiskiem fizycznym, bo platyna wcale od tego się nie przeobraża. Natomiast ogrzewanie żelaza i magnezu jest zjawiskiem chemicznym, bo metale przeistaczają się przytem w ciała nowe—zendrę i magnezję—zupełnie do dawnych metali niepodobne i mające inne własności. Przemiany materji, odbywające się podczas zjawisk chemicznych nazywamy **procesami chemicznymi**.

Możemy tedy powiedzieć, że cechą zjawiska chemicznego, albo procesu chemicznego jest to, że podczas niego wszystkie własności materji zmieniają się i powstają nowe jej rodzaje o własnościach innych; przytem przemiana jednego rodzaju materji na inny (np. żelaza na zendrę) odbywa się nagle.

Moglibyśmy teraz zapytać, do jakich zjawisk zaliczyć np. przemianę wody na lód i parę. Widzimy, że materja wody zmienia się tutaj znacznie i nabiera pewnych nowych własności. W rzeczywistości materja wody się nie zmienia, lecz tylko stan skupienia jej cząsteczek staje się innym, pozwalając jednak na powrotną przemianę pary i lodu na wodę. A więc zjawiska, towarzyszące tym przemianom należy raczej zaliczyć do fizycznych. Przemiany chemiczne materji podczas zjawisk chemicznych są zwykle takie, że ich odwrócenie jest znacznie trudniejsze, choć też jest możliwe. Np. łatwo jest spalić żelazo i magnez na zendrę i magnezję, ale przemiana magnezji i zendry zpowrotem na metale jest już trudniejsza, choć także jest możliwa.

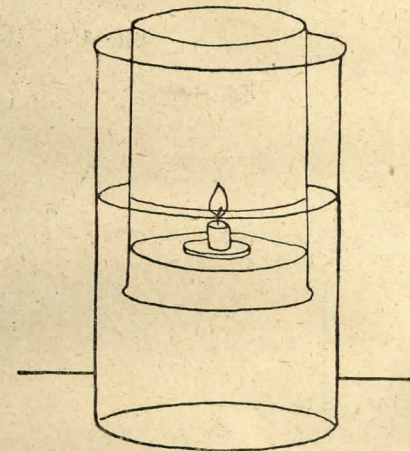
Ze wszystkiego tego okazuje się, że pomiędzy zjawiskami fizycznymi i chemicznymi niepodobna jest przeprowadzić granicy bardzo ścisłej i że najczęściej występują one obok siebie. Często nawet jest bardzo trudno ustalić, które zjawiska zaliczyć wypadnie do fizycznych, a które do chemicznych. Wspomnieliśmy już, że podział ten ma raczej znaczenie tylko praktyczne.

**Pytania.** Co to są zjawiska? Wymieńcie szereg jakichś zjawisk. Co szczególnego o zjawiskach można powiedzieć? Dajcie przykład zjawisk, które zmieniają własności materji. Do jakich zjawisk zaliczyć sproszkowanie kawałka cukru, rozżarzenie żelaza w ogniu? Co to są zjawiska chemiczne i fizyczne? Co szczególnego o zjawiskach chemicznych można powiedzieć?

## X. Palenie

19. Wszystkie poprzednie doświadczenia wykonaliśmy przy pomocy ognia, mianowicie korzystaliśmy z płomienia lampki spirytusowej lub gazowego. Ogrzewając w nim rozmaite ciała, dostrzegaliśmy bądź zjawiska fizyczne, bądź chemiczne. Obecnie jednak zatrzymajmy się wyłącznie na zjawiskach chemicznych.

Nie szukając daleko, zbadajmy nieco bliżej samo zjawisko palenia się, ale weźmy dla wygody nie płomień lampki, lecz świecę zapaloną. Świeca daje płomień świecący i płonie dopóki się zupełnie nie spali. Domyślcie się zapewne, co w tym wypadku jest potrzebne do palenia się: świeca i powietrze. Jeżeli świecę płonącą pogrążyć w wodę, gaśnie ona skutkiem braku powietrza. Ale jeżeli pogrążyć ją w wodę razem z powietrzem, to i pod wodą będzie się mogła palić. Umieścimy świecę zapaloną na krążku drewnianym lub korku, pływającym w naczyniu z wodą i przykryjmy ją szklanką, odwróconą do góry dnem, przyciskając szklankę ręką, żeby świeca znalazła się jak najniżej pod wodą (rys. 17). Świeca pali się przez chwilę, poczem gaśnie. Powtórzmy doświadczenie parokrotnie —



Rys. 17.

wciąż wynik ten sam. Teraz umieścimy świecę na równym stole i szczelnie przykryjmy ją szklanką; i teraz gaśnie ona również. Odwróćmy szklankę otworem do góry i umieścimy w niej świecę zapaloną: choć pali się ona nierówno i nie tak jasno, jednak nie gaśnie. Naturalnie wynik będzie ten sam, gdy zamiast szklanki użyjemy jakiegokolwiek innego naczynia. W szklance jednak widzimy dobrze, co się dzieje wewnątrz naczynia. Wniosek z tych doświadczeń wysnujecie łatwo: **w naczyniu zamkniętem świeca długo palić się nie może.**

Wiecie, jak urządzona jest latarnia? Jest to jakby naczynie oszlone z otworami u dołu i u góry, a więc przypo-



mina naczynie otwarte. Świeca pali się w niej dobrze, lepiej nawet niż w otwartej szklance na stole, a to dlatego, że przez dolne otwory wciąż dopływa powietrze świeże, przez górne zaś uchodzi powietrze zużyte, czyli zepsute. Wnosimy z tego, że świeca pali się w naczyniu swobodnie, **jeżeli powietrze w niem wciąż się zmienia.**

Dlaczego jednak świeca pali się bez przeszkód w pokoju, kiedy pokój jest właściwie przestrzenią (jakby naczyniem) zamkniętą? Pokój jest naprawdę przestrzenią tylko po części zamkniętą, bo przez liczne szczeliny zawsze przedostaje się doń powietrze świeże. Domyślamy się jednak, że prócz tego świeca pali się w nim dobrze dlatego, że zawiera on **dużo**

**powietrza.** Mały kawałek świecy pali się krótko i potrzebuje mniej powietrza, duży kawałek płonie dłużej i wymaga powietrza więcej; podczas palenia bowiem zużywa się nie tylko świeca, ale także i powietrze, o czym przekonamy się zaraz zapomocą doświadczenia.

Umocowawszy na długim drucie kawałek świecy, zapalamy ją i pogrążamy do butelki (rys. 18). Gdy świeca po chwili zgaśnie, dobywamy ją i zapalamy ponownie. Z chwilą powtórnego pogrążenia jej w butelkę, świeca gaśnie natychmiast. Dowodzi to, że w butelce niema już więcej powietrza, gdyż to, które było w niej przedtem, zostało już zużyte. Gdyby powietrze tam było, świeca paliłaby

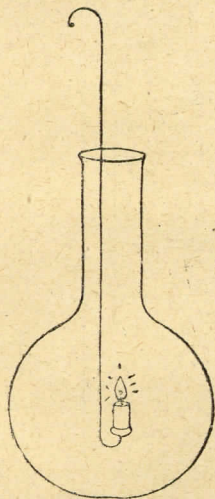
się nadal. Gaz bezbarwny, znajdujący się w butelce, nie podtrzymuje palenia. Ponieważ jest bezbarwny, jak i powietrze, nie można go z pozoru od powietrza odróżnić, podobnie jak nie odróżnimy na oko czystej wody w butelce od spirytusu lub innej cieczy bezbarwnej. Chcąc ciała nawzajem odróżnić, należy stwierdzić ich własności. Jedną własność powyższego gazu, różniącą go od powietrza, już poznaliśmy, mianowicie niezdolność do podtrzymywania palenia. Teraz poznajmy inne jeszcze własności jego.

20. Weźmy trochę wody wapiennej. Jest to roztwór zwykłego wapna w wodzie. Wapno wyklócamy dobrze z wo-

dą; część rozpuszcza się, reszta po pewnym czasie opada na dno i ciecz się zupełnie ustoi. Do doświadczeń używamy tylko roztworu zupełnie przezroczystego, zlewając go z ponad osadu. Woda wapienna od wody zwykłej z pozoru także niczem się nie różni. Ale spróbujcie, jaki ma smak; jest on trochę podobny do mydlanego i gryzący. Otóż nalejmy trochę wody wapiennej do innej czystej butelki, w której świecy nie palono i lekko wstrząśnijmy. Nie zauważymy nic osobliwego. Nalejmy teraz wody wapiennej do butelki, w której paliła się świeca. Spostrzegamy, że woda natychmiast się zabiela, jakby do niej dolano mleka.

Okazuje się więc, że powietrze zmienione w butelce, gdzie palono świecę, ma taką własność, której powietrze zwykle nie posiada. Widzimy, że powietrze rzeczywiście uległo zmianie chemicznej. Woda wapienna pozwala nam wykryć tę zmianę, której z wyglądu nie dostrzegamy. Zapomocą niej możemy wykryć obecność powietrza zmienionego. Wkrótce poznamy lepiej owe zmiany, zachodzące w powietrzu podczas palenia się świecy, a obecnie zapamiętajmy, że takie ciała, zapomocą których można stwierdzić zachodzące zmiany chemiczne, albo, mówiąc inaczej, które pozwalają wykryć obecność pewnych innych ciał, nazywamy **odczynnikami**, zjawisko zaś wywoływane przez odczynnik, nazywamy **reakcją**. Woda wapienna jest tedy odczynnikiem na powietrze zmienione. Wyraz reakcja oznacza wzajemne oddziaływanie. W istocie powietrze zmienione i woda wapienna wzajemnie na siebie oddziałują i wskutek tego tworzy się ciało białe, mączące wodę. Ciało to jest wynikiem reakcji.

Zjawisko palenia się świecy, napozór takie proste, nastęcza, jak widzimy, wiele szczegółów dość złożonych. Świeca wypala się i pozornie ginie, przemieniając się przy udziale świeżego powietrza na gaz bezbarwny o innych niż powietrze własnościach. Dużo czasu upłynęło zanim zjawiska palenia się należycie zbadano i zrozumiano. Gazy bowiem, jako ciała najczęściej bezbarwne, nastęczały w badaniu dużo trudności. I wam się też może zdawać, że w naczyniu, w którym nic nie widzimy, naprawdę może nic nie być. Lecz teraz już wiecie, że może ono zawierać gaz bezbarwny, podobny z pozoru do powietrza. Musiano więc się nauczyć obchodzić z gazami i własności ich odróżniać w celu odróżnienia gazów roz-

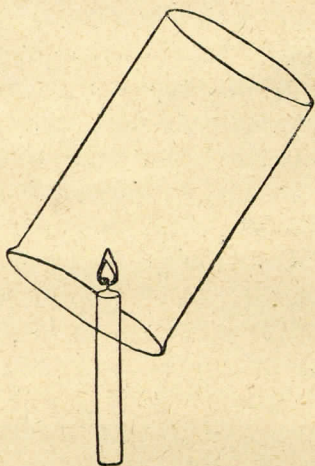


Rys. 18.



maitych w sposób złożony, choćby taki, jaki i my przed chwilą zastosowaliśmy, odróżniając powietrze zmienione od czystego zapomocą wody wapiennej. Dzięki bezbarwności i podobieństwu do powietrza nie umiano z początku rozpoznawać gazów i nawet nie podejrzewano ich obecności. Teraz już i początkującemu chemikowi łatwiej będzie poradzić sobie nawet i z gazami, zwłaszcza, gdy pozna on proste sposoby obchodzenia się z niemi.

Podczas palenia się świecy tworzą się inne jeszcze ciała niedostrzegalne, które jednak postaramy się zobaczyć. Zapalmy znów świecę i potrzymajmy nad nią dużą, pustą i suchą



Rys. 19.

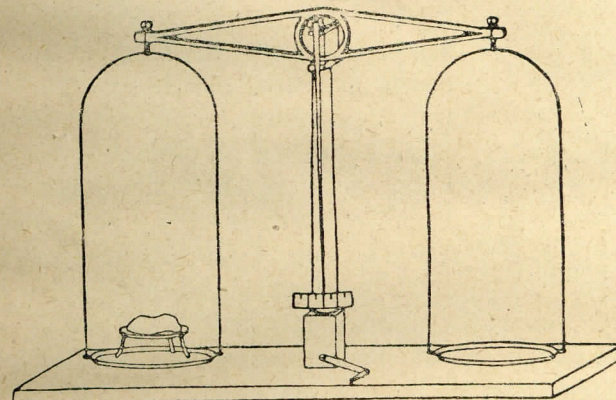
szklaną (rys. 19). Natychmiast pokrywa się ona wewnątrz rosą, jak wtedy, gdy chuchnąć na szkło zimne. Rosa ta—to bardzo drobne kropelki wody, która dobywa się z płuc naszych w postaci pary i zgęszcza na zimnem szkłe. Podczas palenia ze świecy tworzy się częściowo woda, uchodząca w powietrze w postaci pary, której nie dostrzegamy, bo jest bez-

barwna i przezroczysta. Dopiero po zgęszczeniu się pary na szkłe widzimy drobne kropelki wody.

Podczas palenia się świecy tworzą się tedy dwa ciała nowe: woda i gaz bezbarwny, mącący wodę wapienną. Gaz ten nazywamy **dwutlenkiem węglowym**, który wkrótce poznamy bliżej.

21. Zanim lepiej poznamy ciała, powstające podczas palenia się świecy, zbadajmy inny jeszcze przykład prostszy zjawiska palenia się, mianowicie spalanie żelaza. Poprzednio już ogrzewaliśmy w płomieniu drut żelazny i stwierdziliśmy, iż żelazo w ogniu zmienia się, tworząc łuski kruche, czerwone

zendry żelaznej, którą w znacznej ilości widzieć można w kuzni. Żelazo spala się w ogniu. Daleko lepiej to widzieć, gdy trochę drobnych opilek żelaznych rzucimy w płomień lampki. Spalają się one, świecąc jak gwiazdki. Opilki płoną wyraźnie i szybko bo są bardzo drobne i dlatego łatwo i prędko rozgrzewają się w płomieniu do temperatury wysokiej. Drut zaś jest gruby i jednolity, rozgrzewa się więc w całej masie nie tak łatwo, a ciepło rozprzestrzenia się po całym drucie. Lecz i drut można spalić prędzej, jeżeli go odpowiednio rozgrzać. Innym razem spalimy sami taki drut. Podczas palenia się żelaza nie ma coprawda płomienia, ale palenie może się odbywać również i bez płomienia.



Rys. 20.

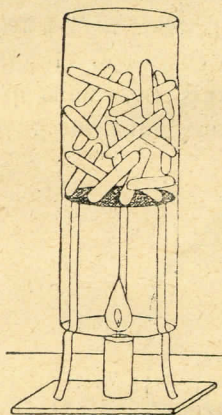
Wykonajmy teraz jeszcze inne doświadczenie. Na wadze umieszczamy niewielki trójnóg druciany, przykrywamy go gęstą siatką drucianą i sypiemy na nią kupkę żelaza sproszkowanego. Ma ono wygląd miłkiego proszku czarnego; można go nabyć w aptece. Odtarowawszy starannie wagę w celu zrównoważenia obu stron (rys. 20), ogrzewamy płomieniem proszek żelazny, z którejkolwiek strony, starając się nie zrócić z wagi. Żelazo spala się bez płomienia, czyli właściwie tli się. Węgiel drzewny również tylko rozżarza się i tli, gdy się pali.

Po raz pierwszy w doświadczeniach naszych użyliśmy wagi, bo ona pozwoli nam stwierdzić rzecz niezmiernie ciekawą i ważną. W nauce chemji waga odgrywa rolę bardzo doniosłą. Oto widzicie, iż żelazo płonąc staje się cięższe, waga



przechyla się na stronę żelaza. Świeca, spalając się, ginęła nam z przed oczu, gdyż to, co tworzyło się przytem, czyli wytwory spalania, **uchodziły w powietrze**; wytwory spalania żelaza **pozostają na wadze** i dlatego ciężar się zwiększa.

Zupełnie to samo dzieje się ze świecą. Ażeby się przekonać, że i tu ciężar się zwiększa podczas palenia się, trzeba



Rys. 21.

tylko zatrzymać wytwory spalania, t. j. wodę i dwutlenek węglowy. Sposób okazania tego jest trochę bardziej złożony, lecz łatwy do wykonania. Istnieje ciało, zwane wodorotlenkiem sodowym, mające własność pochłaniania najmniejszych ilości wody i dwutlenku węglowego. Na wysokim trójnogu drucianym, przykrytym siatką drucianą, osadzamy szkło od lampy (rys. 21). Górną część szkła napelniamy kawałkami wodorotlenku sodowego, pod dolną zaś częścią umieszczamy świecę. Urządzenie to tarujemy na wadze i zapalamy świecę. Dość prędko spostrzegamy, że waga zaczyna się przechylać na stronę świecy, tem bardziej, im dłużej świeca się pali.

To samo dzieje się podczas spalania wszelkich innych ciał. Spalając zamiast świecy spirytus, naftę, olej, siarkę lub jakiegokolwiek inne ciała, zawsze zauważymy zwiększanie się wagi.

**Pytania.** Wynajdziecie jakiś sposób pokazania, że powietrze jest niezbędne do palenia. Co się dzieje ze świecą podczas palenia się jej? Jak pokazać, że w stearynie świecy znajduje się węgiel? Jakie ciała tworzą się podczas palenia się świecy i jak je wykrywamy? Wskażcie zjawiska fizyczne i chemiczne w procesie palenia się świecy. Czy ciała płonące stają się lżejsze, czy też cięższe? Czy żelazo może się palić bez powietrza? Jaka jest różnica pomiędzy paleniem się i tleniem?

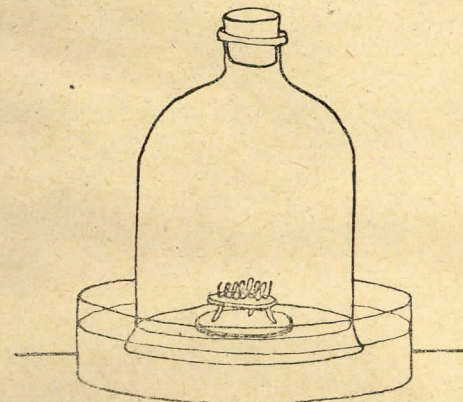
## XI. Tlen. O energii

22. Teraz dopiero przekonaliśmy się, że wytwory spalania ciał są cięższe niż same ciała. Wprawdzie spaliliśmy tylko kawałek niedużej świecy, ale wynik jest ten sam, jakbyśmy spalili ją całkowicie; wtedy utworzyłoby się odpowiednio wię-

cej wytworów spalania: wody i dwutlenku węglowego. Również i proszek żelaza moglibyśmy spalić całkowicie tak, żeby nie pozostało nic żelaza czystego. Żelazo, spalając się znika, jak i świeca, tylko że wytwory spalania świecy uchodzą w postaci gazów niewidzialnych, zaś wytwór spalania żelaza pozostaje w postaci czarnego proszku cięższego od żelaza i do żelaza niepodobnego.

Każdy z was zadaje sobie zapewne pytanie: dlaczego wytwory spalania są cięższe niż same ciała? Odpowiedź jednemu nastęrcza się sama: ponieważ ciała do palenia się wymagają powietrza, więc widocznie podczas spalania coś z otaczającego powietrza przybywa. Lecz w takim razie, gdy ciała płoną powietrze, powinno znikać, gdyż przyłącza się ono do ciał płonących.

Musimy to sprawdzić zapomocą doświadczenia. W tym celu spalimy np. żelazo lub jakiś inny metal w pewnej ilości powietrza i sprawdzimy, czy ilość powietrza się zmniejszy. W misce z wodą położymy krążek drewniany lub korek i ustawimy na nim nasz trójnożek (rys. 22).



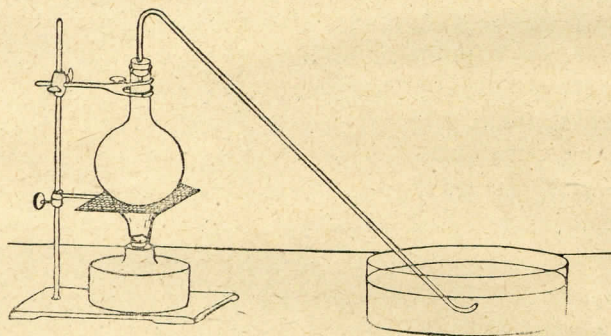
Rys. 22.

Na siatce trójnoga kładziemy zwitek taśmy magnezowej i ogrzewamy ją płomieniem, żeby się zapaliła. W tej chwili szybko przykryjmy płonący magnez kloszem szklanym, którego otwór górny zatkany jest korkiem<sup>1)</sup>. Klosz należy przyciskać, żeby się nie przewrócił. Magnez płonie coraz słabiej,

<sup>1)</sup> Nie mając takiego klosza, można go sobie zrobić ze zwykłej butelki, przecinając ją w odpowiednim miejscu mocnym sznurkiem. W tym celu na danej wysokości opasuje się butelkę paskiem i następnie okręca jeden raz sznurkiem. Dwie osoby trzymają mocno butelkę jedną ręką z każdego końca, drugą zaś przeciągają mocno sznurek w jedną i drugą stronę. Sznurek trze szkło, które rozgrzewa się od tego. Po pewnym czasie szybko zwilża się szkło zimną wodą. Wtedy butelka pęka równo na dwie części, z których górna służy doskonale za klosz.



powietrza pod kloszem ubywa i zamiast niego wchodzi do wnętrza woda. Wkońcu metal gaśnie. Zamiast niego widzimy teraz biały proszek magnezji, a powietrza ubyłoby dość dużo. Gdybyśmy dokładnie wymierzyli objętość klosza, przekonalibyśmy się, że ubyłoby około piątej części powietrza. Pozostała pod kloszem reszta powietrza już jest nieprzydatna do dalszego palenia się magnezu; dlatego to na trójnogu pozostała część magnezu niespalona<sup>1)</sup>. Gaz, który pozostał pod kloszem, już nie podtrzymuje palenia. Najlepiej przekonamy się o tem, wyjmując z klosza korek i pogrążając do wnętrza na drucie świecę zapaloną: świeca natychmiast gaśnie.



Rys. 23.

Doświadczenie powyższe przekonywa nas, że powietrze jest mieszaniną dwóch gazów: jeden z nich podtrzymuje palenie i łączy się z ciałami palącymi—jest to tlen; drugi zaś udziału w paleniu nie przyjmuje i palenia nie podtrzymuje—nazywa się on azotem. Ponieważ z pod klosza naszego ubyłoby około piątej części powietrza, więc wnosimy z tego, że powietrze składa się mniej-więcej z 1 objętości tlenu i 4 objętości azotu.

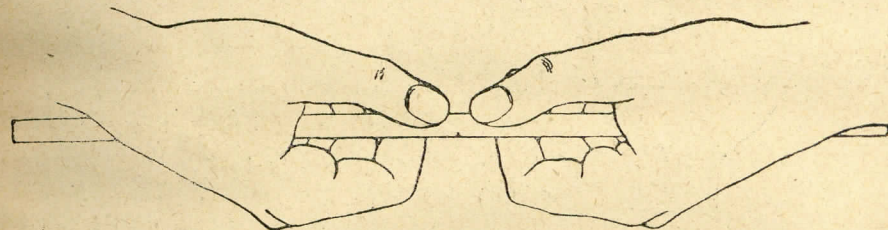
Jeżeliby zamiast azotu był pod kloszem tlen, nie byłoby wtedy żadnej przeszkody do dalszego palenia się w nim ciała.

<sup>1)</sup> Magnez obieramy do doświadczenia jedynie ze względu na szybszy i bardziej oczywisty przebieg reakcji. W istocie bowiem spalanie magnezu w powietrzu odbywa się przy równoczesnem częściowem tworzeniu się obok tlenku również azotku magnezowego  $Mg_3N_2$ , co wpływa oczywiście i na stosunek objętościowy gazu pozostałego pod kloszem do pierwotnej objętości powietrza. Z proszkiem żelaznym doświadczenie często się nie udaje lub przebiega bardzo wolno. Doskonale udaje się z fosforem w temp. zwykłej.

Jak ciała płoną w czystym tlenie, przekonamy się, lecz wpierw musimy gaz ten otrzymać.

W tym celu najpierw przygotować sobie musimy urządzenie, pokazane na rys. 23. Składa się ono z kolby szklanej, zatkanej korkiem z osadzoną w nim, zgiętą na obu końcach, rurką szklaną. Należy się wprawić w zestawianie takich urządzeń, bo są one wciąż potrzebne do doświadczeń chemicznych. Najważniejszą rzeczą jest przytem cięcie i zginanie rurek szklanych, wiercenie otworów w korkach i t. d.

Chcąc przeciąć rurkę lub pręcik szklany, najpierw w danem miejscu nacinaamy ostrym pilnikiem trójkątnym kreskę. Następnie ujmując się rękami rurkę po obu stronach nacięcia i usiłując ją rozciągnąć, a równocześnie zgina w ten sposób, żeby nacięcie znajdowało się na stronie zewnętrznej wygięcia (rys. 24). Nie trzeba jednak zginać zbyt mocno. Rurka pęknie zupełnie równo w miejscu naciętem. Żeby ostre brzegi rurek i pręcików nie krajały korków i nie kaleczyły rąk, zawsze



Rys. 24.

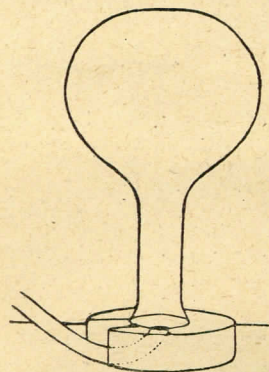
należy je otopić w ogniu. W tym celu najpierw ogrzewa się szkło ostrożnie w pobliżu płomienia, a następnie wsuwa koniec rurki w płomień i obraca ją w palcach. Szkło dość prędko topi się i zlewa, tworząc brzegi okrągłe. Rurki również łatwo zgina się w płomieniu. Ogrzewszy najpierw rurkę zdala płomienia, wprowadzamy ją następnie w płomień w miejscu, w którym ma być zgięta i ogrzewamy, wciąż obracając, żeby dobrze ogrzała się ze wszystkich stron. Po pewnym czasie szkło mięknie na tyle, że samo zgina się od własnego ciężaru. Manewrujemy rurą tak, żeby zgięła się tyle, ile nam potrzeba, poczem wyjmujemy ją z płomienia i pozostawiamy do ostygnięcia. Zgięcia krótkie nie chcą się same tworzyć; wtedy bardzo lekko przyginamy drugi koniec rurki ręką. Od mocnego naciskania rurki zginają się nieprawidłowo i po ostygnięciu pękają.

Do wiercenia otworów w korkach służą specjalne świdry w postaci metalowych rurek o brzegach ostrych. Możemy się i bez nich obejść, jeśli ich nie mamy pod ręką. Wtedy wiercimy najpierw mały otwór sztydłem stalowem lub wypalamy otwór grubym rozpalonym drutem, a potem dopiero powiększamy go odpowiednio do grubości rurki szklanej, piłując korek pilnikiem okrągłym. Otwór powinien być zwykle nieco węższy niż rurka, żeby trzymała się ona w nim dość szczelnie.



W celu otrzymania tlenu ogrzewany pewną sól białą, zwaną chloranem potasowym albo solą Bertholleta (po łacinie kali chloricum). 25 g tej soli wysypujemy na papier i rozgniatamy drewnianym przedmiotem, żeby nie było grudek. Dodawszy jeszcze 25 g czarnego proszku braunsztynu (dwutlenek manganu), mieszamy starannie obydwie proszki na papierze i mieszaninę sypujemy do przygotowanej kolby. Należy pamiętać, że rozcieranie chloranu potasowego w moździerzu jest niebezpieczne, gdyż od silnego tarcia lub uderzenia sól ta wybucha; dlatego rozgniatamy go i mieszamy z braunsztynem na papierze. Braunsztyn dodaje się w tym celu, żeby tlen wydzielał się łatwiej i równiej.

Zatkawszy kolbę korkiem z osadzoną w nim rurką szklaną, umocowujemy ją na statywie na siatce drucianej, wolny zaś



Rys. 25.

zagięty do góry koniec rurki zanurzamy w misce z wodą. Teraz już możemy zapalić lampkę pod kolbą. Miska z wodą służy do umieszczenia w niej butelki do zbierania tlenu. Gdybyśmy puszczali tlen do butelki bez wody, wtedy zmieszałby się on z powietrzem, a powtórnie nie wiedzielibyśmy, kiedy butelka napełni się gazem. Jeżeli zaś napełnimy butelkę wodą, obrócimy otworem nadół w ten sposób, żeby szyjka butelki znalazła się pod powierzchnią wody w misce i nad wylotem rurki, wówczas wydzielający się z rurki gaz

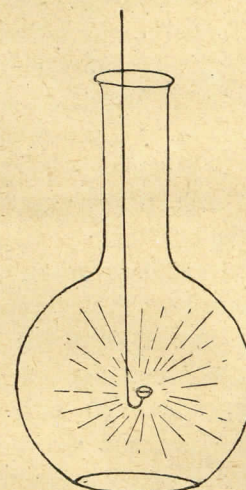
wypycha wodę z butelki i sam wchodzi na jej miejsce.

Zanim jeszcze umieścimy butelkę nad rurką, dostrzegamy, że z otworu rurki dobywają się już pęcherzyki gazu, bulgoczące w wodzie. Tymczasem jest to dopiero powietrze, uchodzące z kolby skutkiem rozgrzewania się jej. Chcąc się przekonać, kiedy zaczyna dobywać się tlen, wyjmujemy z wody koniec rurki i zbliżamy do wylotu żarzący się patyk. Jak tylko tlen zacznie uchodzić, patyk natychmiast zapala się płomieniem. W takiej dopiero chwili używa się wyciętych z jednej strony ciężkich krążków metalowych, na których opiera się szyjka butelki, podczas, gdy rurka, doprowadzająca tlen, znajduje się w wycięciu (rys. 25). Podczas,

gdy pierwsza butelka napełnia się tlenem, nalewamy wody do kilku innych butelek, żeby zebrać więcej tlenu do doświadczeń, jakie następnie mamy z nim wykonać.

23. Ustawiliśmy na stole szereg butelek z tlenem, wykonajmy po kolei kilka doświadczeń. Najpierw spalmy węgiel. Kawałek węgla drzewnego, przymocowany do drutu, rozgrzewamy w płomieniu i, gdy się zacznie tlić, pogrążamy do butelki z tlenem. Węgiel natychmiast zapala się płomieniem i płonie z blaskiem daleko silniejszym niż w powietrzu. Kawałek siarki, zapalony i wprowadzony do drugiej butelki na miseczce żelaznej przymocowanej do drutu, pali się płomieniem niebieskim mocno świecącym, podczas gdy w powietrzu siarka pali się płomykiem ledwo dostrzegalnym. Piękny widok daje spalanie żelaza: do drutu przytwierdzamy cienki drucik żelazny skrecony w sprężynkę. Do końca sprężynki przyczepiamy kawałek drewnianka i zapaliwszy go, pogrążamy w tlen. Od drewnianka zapala się żelazo i płonie, rzucając wokół iskry gwiazdziste, a tworząca się zendra, rozżarzona do białości, spada do wody, pozostając w butelce (rys. 26).

Jakiż wniosek wysnuwamy z tych doświadczeń? Przekonywamy się, że w tlenie czystym ciała palą się znacznie prędzej niż w powietrzu, że wydzielają się przytem znacznie więcej światła; mamy też wrażenie, że butelki rozgrzewają się mocniej, t. j. że tutaj wydzielają się jakby większe ilości ciepła, niż podczas spalania ciał w powietrzu. Ostatni wniosek jednakże nie byłby słuszny. Jeżeli spalimy pewną ściśle zważoną ilość jakiegoś ciała, np. węgla, to ilość ciepła, ujawniającego się przytem, będzie zawsze ta sama, nie bacząc na to, czy węgiel spalono w powietrzu, czy w tlenie czystym. Różnica jest tylko ta, że po pierwsze podczas spalania w tlenie cała ilość ciepła wydzielona w ciągu czasu znacznie krótszego, niż podczas spalania w powietrzu; w tlenie bowiem węgiel płonie szybko, w powietrzu wolno. Powtóre ciepło, tworzące się podczas spalania węgla w tlenie,



Rys. 26.



ogrzewa tylko wytwór spalania (gaz, który się przytem tworzy), przy spalaniu zaś w powietrzu ciepło ogrzać musi nie tylko wytwór spalania, ale także i obecny w powietrzu azot. To powoduje stratę pewnej ilości ciepła.

Dzięki temperaturze wyższej, powstającej podczas spalania ciał w tlenie czystym, występuje też i więcej światła. Po większem natężeniu, czyli sile światła można nawet na oko określić w przybliżeniu wysokość temperatury. Ciała rozżarzone zwykle świecą i żar, jaki wydają, ma zwykle barwę zależną od wysokości temperatury. Chcąc oznaczyć temperaturę ciał rozżarzonych, częstokroć posługują się następującymi określeniami:

|                          |   |                   |       |
|--------------------------|---|-------------------|-------|
| początek żaru czerwonego | — | temperatura około | 525°  |
| żar ciemno-czerwony      | — | "                 | 700°  |
| " jasno-czerwony         | — | "                 | 950°  |
| " żółty                  | — | "                 | 1100° |
| " biały                  | — | "                 | 1500° |

Wszystkie przykłady spalania ciał w tlenie są zjawiskami albo procesami chemicznymi, gdyż ciała palne i tlen znikają przytem, a zamiast nich tworzą się ciała nowe. Prócz tych ciał nowych dostrzegaliśmy jeszcze podczas procesów chemicznych występowanie ciepła i światła, których do rzędu ciał zaliczyć nie możemy, gdyż nie mają wagi i nie zajmują przestrzeni, a więc nie są materją. Jednakże tak samo jak ciała mogą one przeobrażać się jedno w drugie, a nowe ich ilości nie mogą tworzyć się z niczego, lecz tylko z przeobrażenia się wzajemnego. Ciepło i światło nazywamy **energją**; ciepło jest jednym rodzajem energii, światło—drugim.

W mowie potocznej energją oznaczamy coś równoznacznego ze stanem czynnym; człowiekiem energicznym nazywamy tego, kto sobie dobrze radzi w życiu i potrafi wziąć się do rzeczy, kto wogóle jest czynnym. Podobne znaczenie ma też nazwa energii w nauce. Energją nazywamy to wszystko, co może wpływać na zmianę ciał przez swoją czynność.

Widzieliśmy np., że procesy chemiczne zmieniają ciała do niepoznania; widocznie więc i w nich należało szukać energii. Jeżeli ciała mogą na siebie wzajemnie oddziaływać i tworzyć ciała nowe, to energia tkwi w nich i mówimy, że posiadają one **energją chemiczną**. Podczas wzajemnego oddziaływania na siebie ciał ich energia chemiczna przeobraża

się częściowo na energję cieplną (ciepło), świetlną (światło), a czasami elektryczną (elektryczność) i mechaniczną (pracę).

Przykładów przemiany energii chemicznej na inne rodzaje energii oraz wzajemnych przeobrażeń różnych rodzajów energii dostarcza nam na każdym kroku życie codzienne. Proces palenia jest przykładem wyzwiania się energii chemicznej, która przeobraża się w ciepło. Ciepło (ogień) przemienia wodę na parę, która porusza maszyny parowe, a te dają energję mechaniczną (pracę), która może być przemieniona na energję elektryczną (dynamomaszyny), która znów dostarcza nam pracy (tramwaje elektryczne), ciepła (piece i naczynia kuchenne elektryczne) lub światła (lampy).

Przez potarcie laski laku o ubranie elektryzuje się ona i przyciąga drobne papierki. Mamy tu najprostsz przykład przemiany energii mechanicznej na elektryczną. Najprostszym przykładem przemiany pracy na ciepło jest tarcie o siebie dwóch przedmiotów.

Praca ludzka może być pośrednio przemieniona na wszelkie rodzaje energii, sama zaś zależy od czynności wewnętrznych naszego ustroju, opartych na zjawiskach chemicznych. Wewnątrz ustroju wyzwala się energia chemiczna spożywanych przez nas pokarmów, która przeobraża się w ciepło oraz pracę naszych mięśni. Energia, tkwiąca w pokarmach naszych, źródło swe ma w **słońcu**. Rośliny do odbudowy swego ciała czerpią energję świetlną słońca i gromadzą ją w sobie; są one jakby śpichlerzami tej energii. Spożywając rośliny (lub mięso zwierząt, odżywiających się roślinami), spożywamy wraz z niemi energję.

Streszczając to, co mówiliśmy o energii, można ostatecznie powiedzieć, że **energia jest to praca i wszystko to, co z pracy powstaje i w pracę może być przemienione**.

**Pytania.** Dlaczego wytwory spalania ciał są cięższe niż same ciała? Co się dzieje z powietrzem podczas palenia się ciał? Czy wszystko powietrze zużywa się przy paleniu? Jakie są składniki powietrza i który z nich jest potrzebny do palenia? Wymyślcie sposób oddzielenia obu składników. Jak można otrzymać tlen? Czy tlen się pali? Jakiej własności tlenu moglibyście wymienić, nie ucząc się o nim wcale? Co ujawnia się podczas palenia się ciał? Dlaczego różne ciała płonące świecą niejednakową barwą? Dlaczego podczas palenia się ciał w tlenie czystym



dostrzegamy wydzielanie się większej ilości ciepła? Czy ciepło może powodować jakiegokolwiek zmiany? Wymieńcie zmiany przez nie wywołwane. Co to jest energia i jak ją sobie wyobrażacie? Jakie są najważniejsze własności energii; stwórzcie je zapomocą przykładów. Czy człowiek może być źródłem energii? Skąd bierze się energia? Jaka jest różnica pomiędzy energią i pracą?

## XII. Związki i części składowe

24. Poznawszy tlen i przerobiwszy z nim doświadczenia, możemy uprzytomnić sobie jego własności. Jedne z nich dostrzegamy bezpośrednio zapomocą naszych zmysłów, inne poznajemy zapomocą pomiarów i doświadczeń. Dostrzegamy odrazu, że tlen jest gazem bezbarwnym i bezwonny. Wniosek ten wysnuć możemy, nie widząc nawet wcale tlenu czystego, bo wszak powietrze, będące mieszaniną tlenu i azotu, nie ma ani barwy, ani zapachu, ani smaku.

Doświadczenie przekona nas, że tlen jest gazem cięższym od powietrza. Możemy butelkę napelnioną tlenem pozostawić na pewien czas otwartą, a mimo tego gaz nie ułotni się, gdyż jako cięższy opada nadół. Jeżeli butelkę obrócimy do góry dnem, tlen ujdzie—wyleje się i żarząca się szczypka, wprowadzona do wewnątrz butelki, nie zapłonie. Barwa, zapach, smak, ciężar tlenu są to jego **własności fizyczne**.

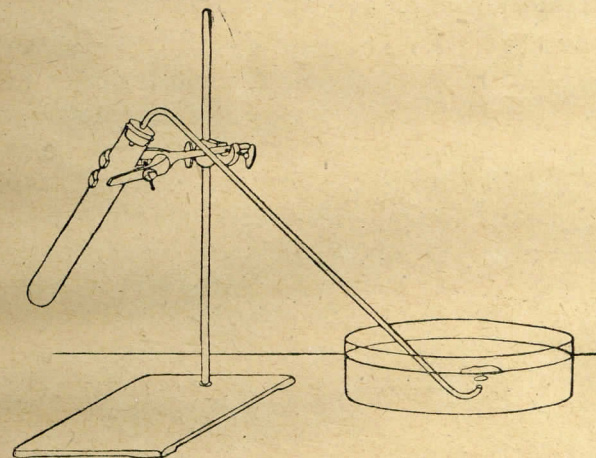
Do własności drugiego rodzaju należą zjawiska palenia, czyli łączenia się tlenu z innymi ciałami, które poniekąd już poznaliśmy. Własności te tlenu nazywamy **chemicznymi**, gdyż polegają one na procesach chemicznych. Reakcja na tlen—zapalenie się tlejącej szczypki—jest jego własnością chemiczną.

Podczas palenia się magnezu lub żelaza w tlenie ciała te łączą się z tlenem i powstają ciała nowe, do poprzednich niepodobne. Składają się one obecnie z dwóch ciał: żelaza i tlenu, albo magnezu i tlenu i nazywane są **tlenkami**. Powstanie tlenków możnaby wyrazić wzorem szematycznym:

$\text{Żelazo} + \text{tlen} = \text{tlenek żelaza}$ .

Widzimy więc, że z dwóch ciał prostych powstaje trzecie złożone. To nowe ciało nazywamy **związkiem**, a składniki, z których się składa—**częściami składowymi**. Tlenek żelaza jest związkiem, a żelazo i tlen są częściami składowymi tlenku żelaza.

W wypadku powyższym z dwóch ciał prostych otrzymaliśmy trzecie, złożone. Poznajmy teraz proces odwrotny, czyli rozkład ciała złożonego na proste, t. j. rozkład związku na jego części składowe. Będzie to zarazem inny sposób otrzymania tlenu. Do probówki ze szkła trudno topliwego wypujemy trochę ceglasto-czerwonego proszku—tlenku rtęciowego i, zatkawszy korkiem z osadzoną w nim rurkę, umocujemy przyrząd w statywie i ogrzewamy lampką (rys. 27). Proszek od gorąca czernieje, a po chwili dobywają się z otworu rurki pęcherzyki powietrza, a potem gazu, zapalającego tlejącą szczypkę. Gaz ten zbieramy w butelce w sposób już wiadomy i, zbadawszy jego własności rozpoznajemy, że jest to tlen. Ogrzewając probówkę dostatecznie długo, zobaczymy, że ginie wszystek tlenek rtęciowy, natomiast na chłodniejszych miejscach rurki osiada jakiś nalot srebrzysty.



Rys. 27.

Wyjawszy z wody koniec rurki, odprowadzającej gaz, dajemy probówce ostygnąć i potem zdejmujemy piórem z jej wnętrza ów nalot srebrzysty. Zobaczymy, że są to drobne płynne kuleczki rtęci. Tlenek rtęciowy rozłożył się na swe składniki: rtęć i tlen. Proces ten jest odwrotnym w porównaniu z rozpatrzonym poprzednio:

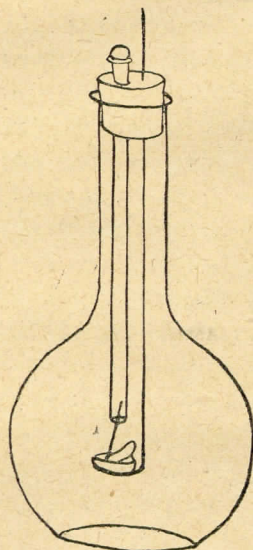
$\text{tlenek rtęciowy} = \text{rtęć} + \text{tlen}$ .

Rtęć zbiera się na ścianach probówki dlatego, że skutkiem rozgrzania zamienia się ona na parę, która, stykając się



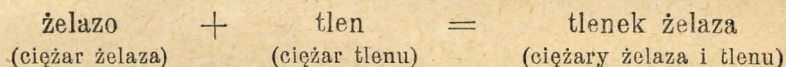
z chłodniejszymi miejscami szkła, skrapla się w postaci kuleczek, tworzących rodzaj lustra srebrzystego. Rtęć jest metalem ciekłym, który wrze w 350°C. Inne metale wrą i parują również, ale w temperaturze znacznie wyższej.

Ponieważ z tlenku rtęciowego, będącego ciałem **jednorodnem**, możemy otrzymać dwa ciała odmienne—rtęć i tlen i odwrotnie, z dwóch ostatnich możemy otrzymać znów jedno ciało jednorodne, tlenek rtęciowy, przeto ten ostatni nazywamy również związkiem, a rtęć i tlen jego składnikami. Otrzymanie tlenku rtęciowego z tlenu i rtęci trudno jest pokazać, gdyż ciała te łączą się z sobą nadzwyczaj wolno przy długotrwałem ogrzewaniu do 300°C.



Rys. 28.

Możemy to wyrazić przez następujące równanie:



Jeżeli to jest słuszne, to podczas spalania jakiegokolwiek ciała w przestrzeni zamkniętej nie nastąpi najmniejsza zmiana wagi, gdyż wytwory spalania nie będą mogły się ulotnić, ani też nie może nic przyłączyć się do nich z zewnątrz.

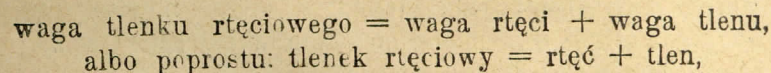
Do kolby litrowej dopasowujemy szczelny korek, w którym osadzamy drut zakończony miseczką blaszaną oraz rurkę szklaną, otwierającą się nad miseczką. Zewnętrzny koniec rurki zatykamy małym koreczkiem. Cały przyrząd ważymy na wadze wraz z małym kawałkiem drucika miedzianego oraz kawałkiem fosforu, nmieszczonym na miseczce. Następnie rozgrzewamy drucik miedziany i przez rurkę wrzucamy go do

kolby, żeby upadł na fosfor. Fosfor zapali się od gorącego drutu i pali się dopóty, aż zużytym będzie wszystek tlen, zawarty w powietrzu kolby (rys. 28). Wążąc przyrząd ponownie po ostygnięciu, przekonywamy się, że waga jego zmianie nie uległa. Gdy odetkamy korek, do kolby wdziera się powietrze i wtedy spostrzeżemy zwiększenie się wagi.

Rozważcie sobie teraz bliżej proces, który odbył się w kolbie. Przed doświadczeniem w kolbie znajdowały się: azot i tlen (t. j. powietrze) i fosfor. Po spalaniu pozostały: azot i tlenek fosforu. Niezmieniony pozostał azot, zniknął wszystek tlen, zmniejszyła się ilość fosforu, utworzył się na nowo tlenek fosforu. A zatem pozostała reszta fosforu i utworzony tlenek fosforu muszą ważyć tyleż, ile ważyły obecne na początku doświadczenia fosfor i tlen razem wzięte. Po otwarciu kolby ciężar jej się zwiększa dlatego, że w miejsce ubytego tlenu wdziera się do kolby powietrze.

W doświadczeniu tem mamy przykład, stwierdzający jedno z najważniejszych praw, sprawdzających się we wszystkich procesach chemicznych i fizycznych: **waga ogólna ciał, oddziaływujących na siebie, nigdy się nie zmienia, nie bacząc na zmiany, jakim przytem ciała te podlegają.** Jest to prawo **niezmienności, czyli zachowania ciężaru (masy).**

Prawo to daje nam możność wyliczania stosunków wagowych, zachodzących w procesach chemicznych, nawet i w tych wypadkach, gdy nie możemy lub nie chcemy oznaczać wagi każdego ciała z osobna. Rozłożywszy np. pewną ilość wagi w tlenku rtęciowego i oznaczywszy wagę otrzymanej z niego rtęci, tem samem poznajemy i wagę uchodzącego tlenu, jak to wynika z przytoczonego już wyżej równania:



jeżeli nazwy ciał będą równocześnie wyrażać też ich ilości wagowe. I to samo dzieje się we wszelkich innych procesach chemicznych. Z ciałami oddziaływującymi na siebie zawsze związana jest ich waga, to znaczy, że łączą się one bynajmniej nie w ilościach dowolnych, lecz przeciwnie tylko w ilościach ściśle określonych i sobie odpowiadających. Tak samo i podczas rozkładu jednej i tej samej ilości związku, np. tlen-



ku rtęciowego, zawsze powstają te same ilości wagowe ciał prostych — rtęci i tlenu. Odwrotnie — tylko takie same lub odpowiadające sobie w tym stosunku ilości wagowe ciał prostych — rtęci i tlenu — mogą połączyć się na związek — tlenek rtęciowy. Słowem, jeżeli jakieś ciało przeobraża się w inne, to waga pierwszego pozostaje zawsze w stałym stosunku określonym do wagi drugiego. Zjawisko to nazywa się **prawem stosunków stałych**. Związki chemiczne tem właśnie różnią się od mieszanin, że ilości wagowe składników są w nich zawsze ściśle określone; w mieszaninach ilości wagowe składników mogą być przeróżne i dowolne.

Ważności stosunków wagowych w procesach chemicznych domyślano się oddawna, ale ugruntowanie prawa zachowania ciężaru zawdzięczamy dopiero chemikowi francuskiemu **Lavoisierowi** (1782 r.), który też jeden z pierwszych zastosował wagę do badań chemicznych, wielce przez to ułatwiając postępy tej nauki i nauk przyrodniczych wogóle.

**Pytania.** Jakie są własności fizyczne tlenu? Czy tlen rozpuszcza się w wodzie? Jak tlen działa na nasze płuca? Jakie są własności chemiczne tlenu? Jak odróżnić można tlen od innych gazów? Co to jest związek? Jaka jest różnica między związkiem a mieszaniną? Czy związek można rozłożyć? Czy materia ulega zniszczeniu podczas reakcji chemicznych? Co się dzieje ze świecą podczas palenia? Jakie jest prawo zachowania masy (ciężaru)?

### XIII. Pierwiastki

26. Podczas łączenia się określonych ilości rtęci i tlenu na tlenek rtęciowy rtęć i tlen znikają i zjawia się ciało nowe, do nich niepodobne. Jednakże z tego nowego ciała można zpowrotem otrzymać rtęć i tlen w tej samej ilości, w jakiej były użyte. Można więc sobie wyobrazić, że obydwie te składniki istnieją nadal w związku jakby w stanie utajonym. Dlatego to właśnie mówimy o łączeniu składników i rozkładzie związków.

Rozkładając tlenek rtęciowy, otrzymujemy jego składniki — rtęć i tlen. Inne tlenki, np. tlenek magnezowy lub tlenek żelazowy także mogą być rozłożone na swe składniki, choć to już nie daje się osiągnąć zapomocą zwykłego ogrze-

wania. Łączenie składników często bywa znacznie łatwiejsze niż powrotny ich rozkład. Częstość rozkładu związków jest bardzo trudny i złożony, zawsze jednak udaje się wykazać, z jakich składników one się składają.

Rozkład wielu związków, a przedewszystkiem tlenków wykazał, że jednym z ich składników jest tlen. Wszelkie próby dalszego rozkładu tlenu na inne składniki spełzły na niczem. Również nie zdołano rozłożyć rtęci. Rozkładając związki, dochodzimy wkońcu do składników prostych, które już dalej nie mogą być rozłożone. Takie proste ciała nierozkładalne nazywamy **pierwiastkami**. Pierwiastki są więc najprostszymi rodzajami materji i można teraz powiedzieć, że tyle jest rodzajów materji, ile jest pierwiastków. Prócz tlenu i rtęci istnieje wiele innych pierwiastków. Żelazo, magnez, węgiel, miedź są również pierwiastkami. Przez rozkład rozmaitych związków poznano dotychczas około 80 różnych pierwiastków; o wielu z nich słyszeliście, niektóre nawet znacie, inne zaś są dla was zupełnie obce, a nawet wogóle są rzadkie i mało rozpowszechnione. Spis najważniejszych pierwiastków podany jest niżej.

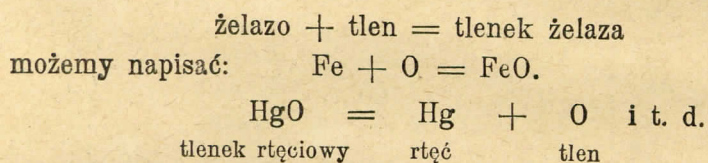
Tablica pierwiastków.

|         |    |        |    |          |    |
|---------|----|--------|----|----------|----|
| Antymon | Sb | Chrom  | Cr | Jod      | J  |
| Argon   | A  | Cyna   | Sn | Kadm     | Cd |
| Arsen   | As | Cynk   | Zn | Kobalt   | Co |
| Azot    | N  | Cyrkon | Zr | Krzem    | Si |
| Bar     | Ba | Fluor  | F  | Lit      | Li |
| Bizmut  | Bi | Fosfor | P  | Magnez   | Mg |
| Bor     | B  | Glin   | Al | Mangan   | Mn |
| Brom    | Br | Iryd   | Ir | Miedź    | Cu |
| Cer     | Ce | Rubid  | Rb | Molibden | Mo |
| Chlor   | Cl | Ruten  | Ru | Tytan    | Ti |
| Nikiel  | Ni | Selen  | Se | Uran     | U  |
| Olów    | Pb | Siarka | S  | Wapń     | Ca |
| Osm     | Os | Sód    | Na | Węgiel   | C  |
| Platyna | Pt | Srebro | Ag | Wodór    | H  |
| Potas   | K  | Stront | Sr | Wolfram  | Wo |
| Rad     | Ra | Tellur | Te | Złoto    | Au |
| Rtęć    | Hg | Tlen   | O  | Żelazo   | Fe |



Z własnych spostrzeżeń i doświadczenia życiowego wiecie, że przemiana jednego ciała na inne, np. papieru na kamień, jest niemożliwa. Również niemożliwą jest przemiana jednego związku chemicznego na inny np. tlenku rtęciowego na żelazowy lub odwrotnie. Wynika to z tego, że składniki zasadnicze związków, czyli pierwiastki, nie mogą się przeobrażać jeden na drugi. W tem tkwi ich własność zasadnicza i jest to tak dalece słusze, że owa niezmiennosc pierwiastków nazwana została **prawem stałości pierwiastków**. Chemicy średniowieczni marzyli co prawda o tem, żeby metale pospolite, np. ołów, cynę, przemieniać na złoto. Nie znając jeszcze w dostatecznym stopniu własności materji, mogli zajmować się podobnemi pytaniami. Ich doświadczenia były tylko ślepemi próbami; jednakże i one przyczyniły się do oświeślenia prawdy.

W tablicy pierwiastków obok przytoczonych nazw umieszczone są jeszcze znaki zgłoskowe. Są to znaki czyli symbole, wyprowadzone z nazw łacińskich pierwiastków i używane do oznaczenia ich zamiast całych nazw. Np. zamiast nazwy tlen (Oxygenium) pisze się poprostu tylko O. Dzięki temu upraszczać można nie tylko nazwy pojedyncze, ale i całe wzory, np. zamiast:



27. Przejrzyjmy teraz pierwiastki i zobaczmy, które z nich znamy z życia powszedniego. Dopiero co poznaliśmy bliżej **tlen**. Jest to gaz bezbarwny, wchodzący w skład powietrza. Drugim gazem, obecnym w powietrzu, jest **azot**; jest on również bezbarwny i bezwonny, tak jak i powietrze. Obydwa te gazy są niepalne, ale tlen podtrzymuje palenie. Natomiast następny pierwiastek **wodór** jest gazem bezbarwnym i bezwonnym palnym. Otrzymujemy go z wody, której jest składnikiem, skąd też pochodzi jego nazwa. Prócz wodoru woda zawiera jeszcze tlen.

Wszyscy napewno znacie **węgiel**, który już nie jest gazem, lecz ciałem stałym. Przekonamy się wkrótce, że węgiel

występuje pod różnemi postaciami. Zwykły węgiel drzewny prócz węgla czystego zawiera jeszcze różne domieszki, mianowicie popiół, pozostający po spaleniu drzewa. Węgiel wchodzi też w skład skał wapiennych — wapieni.

Cztery powyższe pierwiastki: węgiel, wodór, azot i tlen są podstawą ciała roślin i zwierząt, zasługują więc na szczególną uwagę. Prócz tego są one jakoby przedstawicielami pewnych grup pierwiastków, zbliżonych do nich pod względem niektórych własności. Podobieństwo to wyraża się np. w tem, że wytwarzają one z innemi pierwiastkami związki o cokolwiek podobnych własnościach. W tej samej grupie, co wodór umieścić np. możemy chlor, brom i jod.

O **chlorze** zapewne słyszeliście. Chlor jest gazem zielonej barwy o zapachu niezwykle gryzącym i nie miłym. Jest trujący. Zapach chloru podobny jest bardzo do zapachu chlorku, używanego do dezynfekcji ustępów i śmietników oraz do bielenia płótna. Chlorek jest to związek chloru z wapnem. Podczas dezynfekowania wydziela się z niego chlor, który zabija zarazki (bakterje chorobotwórcze). Chlorek niszczy też barwniki i dlatego używają go do bielenia, choć bielizna od tego bardzo się niszczy, zwłaszcza gdy pralnie nadużywają chlorku, zamiast porządnego wyprania bielizny w mydle. Chlor jest również jednym ze składników soli kuchennej. Następcza to nam ważną uwagę: trujący pierwiastek chlor w soli traci swe szkodliwe własności. Jest to dowodem tego, że własności pierwiastków są zupełnie inne niż własności związków, przez nie wytwarzanych.

Do chloru zbliżone są **brom** i **jod**. Ostatni znacie napewno dzięki **jodynie**, używanej jako lekarstwo do smarowania. Jodyna jest to roztwór jodu w spirytusie. Jod nie jest gazem, lecz ciałem stałym; ma wygląd tabliczek krystalicznych barwy metaliczno-fioletowej.

Nie jest wam zapewne też obcą i **siarka**, należąca do tej samej grupy pierwiastków co i tlen. Siarka jest ciałem stałym, bez zapachu i smaku, barwy żółtej. Zapalona, płonie w powietrzu płomieniem blado-niebieskim, wydzielając duszący gaz bezbarwny. W mieszaninie z węglem drzewnym i saletrą siarka daje proch myśliwski. Dawniej używano jej do wyrobu zapalek. Obecnie zapalaki wyrabiane są głównie z **fosforu**. Szczególny ten pierwiastek zapala się w powietrzu za



lada ogrzaniem, np. już od potarcia i płonie jasnym płomieniem, wydzielając obficie biały dym (zob. str. 50). Nawet w temperaturze zwykłej fosfor spala się na powietrzu powoli, świecąc (w ciemności) światłem blado-zielonkawym, t. zw. „fosforycznym“. Z tego względu zawsze przechowuje się go w wodzie. Fosfor jest silną trucizną, ale większość jego związków nie jest trująca. Wiele z nich spożywamy stale z pokarmami, gdyż są one ważnymi składnikami ciała roślin i zwierząt. W ilości największej związki fosforu znajdują się w kościach i mózgu. Brak fosforu w organizmie i pokarmach, podawanych dzieciom, powoduje tak zwaną chorobę angielską, przy której kości szkieletu nie są należycie twarde i zniekształcają się.

Pierwiałkiem zbliżonym do węgla jest **krzem**, ale gdy węgiel występuje głównie w świecie ożywionym, to krzem jest podstawą świata mineralnego. Zapytacie zapewne, czy nazwa krzemu ma co wspólnego z krzemieniem. Tak jest w istocie, ale tylko o tyle, że krzemień zawiera w sobie krzem jako jeden ze składników; drugim jego składnikiem jest tlen. Taki sam skład ma również piasek i wiele minerałów, które niedługo poznamy.

Wszystkie omówione pierwiałki różnią się wybitnie od metali, do których przejdziemy obecnie. Stanowią one osobną grupę pierwiałków niemetalicznych, które nazywamy **metaloidami**.

**Pytania.** Jakież ciała można rozkładać na ich składniki? Co to są pierwiałki? Czy pierwiałki można przemieniać jeden na drugi? Co to jest prawo stałości pierwiałków? Do czego służą symbole pierwiałków i co one oznaczają? Wymienić pierwiałki ważniejsze. Czy pierwiałki mają jakie cechy podobieństwa wzajemnego? Jak dzielimy pierwiałki? W jakich ciałach spotykamy węgiel? Wymienić pierwiałki, o których słyszeliście cokolwiek.

## XIV. Metale. O gęstości ciał

28. Między pierwiałkami spotykamy dużo metali, znanych z życia codziennego, np. żelazo, miedź, cyna, ołów, srebro, złoto. W rzeczywistości większość prawie pierwiałków należało zaliczyć do metali, ale nie wszystkie one są należy-

cie poznane. W celu łatwiejszego poznania ich dzielimy metale na grupy, zbliżone do siebie pod względem niektórych własności. Przedewszystkiem dzielimy je na lekkie i ciężkie. Z racji podziału tego, zatrzymamy się przez chwilę nad sprawą ciężaru ciał wogóle.

Już biorąc do ręki kawałek ołowiu i podobny kawałek żelaza lub miedzi, odczuwamy, że ołów jest cięższy. Zwykle jednak tylko wtedy najlepiej jest porównywać ciężary dwóch ciał, jeśli mamy w ręce jednakowe ich co do rozmiarów i kształtów kawałki, czyli ściślej, przez porównanie jednakowych objętości tych ciał. Chcąc np. porównać ciężary kilku metali lub innych ciał, należałoby wziąć zupełnie jednakowe ich kawałki, np. kostki (sześciiany) jednakowych wymiarów i po kolei zważyć. Przekonamy się wtedy, że kostki z różnych ciał mają nieraz ciężary bardzo rozmaite, choć wymiary ich są jednakowe.

Widzimy więc, że jednakowe objętości różnych rodzajów materji różnią się między sobą ciężarem. Zależy to od własności, którą nazywamy **gęstością** materji. Gęstość tę porównać możemy np. z gęstością roztworów. Wyobraźmy sobie, że w jednej szklance herbaty rozpuszczony jest jeden kawałek cukru, w drugiej zaś dziesięć. Ten drugi roztwór jest gęściejszy, bo w tej samej objętości znajduje się więcej cukru; ponieważ cukru jest tu więcej, więc cząsteczki jego są ciasniej stłoczone obok siebie.

Ciała, mające większą gęstość, są cięższe; mówimy, że gęstość żelaza jest większa niż gęstość drzewa, ołów ma większą gęstość niż żelazo i t. d. Gęstość jest przeto tem większą, im większym jest ciężar danej objętości, czyli innemi słowy **gęstość jest proporcjonalna do ciężaru**.

Porównyując dwie kostki—żelazną i drewnianą—przekonamy się, że drewniana jest lżejszą, bo gęstość drzewa jest mniejszą od gęstości żelaza. Ale jeśliśmy chcieli kostkę żelaza zrównoważyć przez drewnianą, to musimy wziąć kostkę drewnianą znacznie większą. Powiadamy tedy, że drzewo jest lżejsze od żelaza, bo przy jednakowym ciężarze objętość drzewa jest większa. Przy jednakowych ciężarach różnych ciał te z nich mają gęstość **większą**, których objętość jest **mniejsza** lub te są **mniej** gęste, których objętość jest większa. Rozumie się: bo jeśli np. 10 kawałków cukru rozpuścimy



w szklance herbaty, to gęstość roztworu będzie większa niż wtedy, gdy te ilości rozpuścimy w 2 lub więcej szklankach herbaty. Powiadamy więc, że **gęstość jest odwrotnie proporcjonalna do objętości**; większej gęstości odpowiada mniejsza objętość, gęstości mniejszej odpowiada objętość większa.

Teraz możemy już śmiało wysnuć wniosek, że gęstość jest w związku z objętością i ciężarem. Postarajmy się ją wyrazić liczbowo. Przypuśćmy, że ciężar 10 kawałków cukru wyraża się przez liczbę 10 i że gęstość roztworu dziesięciu kawałków cukru w jednej szklance herbaty także wynosi 10. Jeżeli więc te 10 kawałków cukru rozpuścimy w 2 szklankach herbaty, to gęstość będzie dwa razy mniejsza, czyli znajdziemy ją, dzieląc 10 przez dwa;  $10 : 2 = 5$ , t. j. na szklankę przypadnie tylko po 5 kawałków cukru.

Znając ciężar ciała  $g$  i objętość jego  $v$ , możemy znaleźć jego gęstość  $d$  zapomocą wzoru ogólnego  $d = g : v$ . Pod gęstością pojmujemy więc stosunek ciężaru do objętości.

Za jednostkę ciężaru używamy grama, a za jednostkę objętości centymetra sześciennego. Gramem nazwano ciężar kubika wody, mającego krawędzi długości jednego centymetra w temperaturze  $4^{\circ}\text{C}$ . Na tej podstawie zawsze jest łatwo znaleźć gęstość wody. Np. litr wody waży 1000 gramów i zajmuje 1000 cm. sześciennych objętości. Zatem  $g = 1000$  i  $v = 1000$ , a więc gęstość  $d = g : v$ , t. j.  $1000 : 1000 = 1$ . W ten sam sposób przy każdej dowolnej ilości gramów lub centymetrów sześć. wody znajdziemy dla niej zawsze gęstość równą 1.

Okazało się to bardzo dogodne, bo mając ciało jak woda o gęstości 1, możemy porównywać z niem gęstość wszystkich innych ciał i w ten sposób ustalać, ile razy gęstość jakiegoś ciała jest mniejsza lub większa od gęstości wody. Gęstość ciał poznaje się dlatego, że jest ona własnością ciał, po której rozmaite ciała można poznawać, gdyż jest ona własnością stałą. Różne próbki jednego i tego samego ciała będą miały zawsze jednakową gęstość.

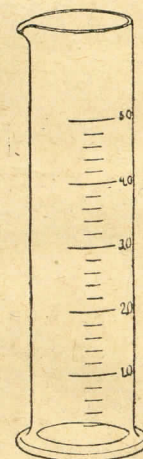
Coprawda istnieje tu pewne zastrzerzenie. Jedno i to samo ciało w temperaturze zwykłej i ogrzane będzie miało gęstości różne. Wiecie wszak, że ciała rozszerzają się od ogrzewania. Kostka ołowiana po rozgrzaniu rozszerzy się nieco, ale ciężar jej się nie zmieni; przy większej objętości pozostanie

ten sam ciężar, to znaczy, że gęstość się zmniejszy. Gęstość ciał od ogrzania się zmniejsza, czyli że jest ona wielkością stałą w temperaturze ściśle określonej. Również i gęstość wody zależy od temperatury. Za 1 gram przyjęto ciężar 1 cm. sześć. wody w temperaturze  $4^{\circ}\text{C}$ , przy której woda posiada największą gęstość, t. j. zajmuje najmniejszą objętość.

Porównyując gęstość ciał do gęstości wody, przyjętej za jednostkę, wyrażamy w rzeczywistości stosunek ciężarów obu ciał, czyli wskazujemy, ile razy dane ciało jest od wody lżejsze lub cięższe. Ten stosunek nazywamy ciężarem właściwym ciał.

Znalezienie gęstości i ciężaru właściwego cieczy nie nastęcza wielkich trudności; należy tu porównać ciężary jednakowych objętości danej cieczy i wody. Robi się to zapomocą naczynia miareczkowego i wagi. Mając np. naczynie szklane, zwane cylindrem lub biuretką miareczkową (rys. 29), podzielone podziałkami na centymetry sześciennne oraz ich części dziesiąte, odmierzamy zapomocą niego pewną ilość centymetrów cieczy, którą następnie ważymy na wadze w osobnym naczynku, albo najlepiej od razu ważymy ciecz w biuretce. Otrzymujemy zaraz wagę wziętej liczby centym. sześć. cieczy; przypuśćmy że wzięto 5 cm. sześć. cieczy, które ważą 6 gr. ponieważ (ciężar)  $g = 6$ ,  $v$ , (objętość)  $= 5$ , to  $d = g : v$ , czyli  $6 : 5 = 1,2$ . Gęstość cieczy wynosi 1,2, co świadczy zarazem, że ciecz jest tyleż razy cięższa od wody; jeżeli bowiem 5 cm. sześć. cieczy ważyło 6 gr., to 1 cm. waży pięć razy mniej czyli  $6 : 5 = 1,2$  gr., podczas gdy 1 cm. wody waży 1 gr.

Ażeby oznaczyć gęstość ciał stałych, należy również poznać ich ciężar i objętość. O ile jednak oznaczenie ciężaru ciała stałego jest proste, o tyle poznanie jego objętości, zwłaszcza gdy powierzchnia ciała jest złożona lub nieforemna, wydaje się trudnem. Poznanie objętości ciała konieczne jest również w celu wykazania, ile będzie ważyć taka sama objętość wody; potem dopiero możemy porównać, ile razy dane ciało jest cięższe lub lżejsze od wody, t. j. możemy znaleźć jego ciężar właściwy. Trudność ta w rzeczywistości jest tylko po-

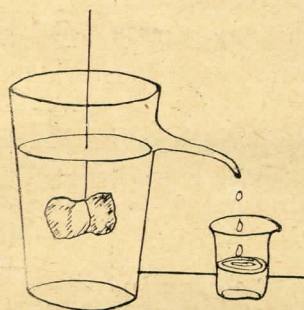


Rys. 29.



zorna, bo naprawdę w tym wypadku niema wielkich kłopotów. Potrzeba tylko dane ciało pogrążyć w wodę, a wtedy wypchnie ono taką objętość wody, jaką samo zajmuje. Wrzucimy np. do naszej biuretki, napełnionej wodą np. do kreski 3 cm<sup>3</sup>, kamyk lub kawałek metalu; zanurzone ciało wypchnie taką objętość wody, jaką samo zajmuje, i skutkiem tego poziom podniesie się powyżej 3, przypuścimy do 4,5 cm<sup>3</sup>. Objętość powiększyła się przeto o 1,5 cm<sup>3</sup>, czyli  $v = 1,5$ . Teraz trzeba znaleźć g, t. j. należy dane ciało zważyć; przypuścimy, że waży 6 gr. ( $g = 6$ ). Zatem gęstość  $d = 6 : 1,5 = 4$ . Ciało jest 4 razy cięższe od wody, czyli jego ciężar właściwy równa się 4.

Gęstość oznaczyć można łatwo również i w następujący sposób. Ciało badane waży się, uwiązując na cienkim druciku i pogrąża w wodę. Stosuje się do tego celu naczynie wyobra-



Rys. 30.

żone na rys. 30. Do naczynia nalewa się najpierw tyle wody, żeby nadmiar jej spłynął przez boczną rurkę. Potem podstawia się pod rurkę małe naczynie zważone i dopiero wtedy pogrąża w wodę badane ciało. Wypchnięta przez ciało objętość wody równa się objętości ciała. Naczynko z wodą waży się ponownie. Liczba gramów wody odpowiada liczbie centymetrów sześciennych objętości zajmowanej przez badane ciało.

Prócz ciał ciekłych i stałych są jeszcze gazy. Oznaczanie gęstości gazów nie jest wcale rzeczą łatwą, bo po pierwsze wielkie objętości gazów ważą bardzo mało (np. litr powietrza waży nieco więcej nad 1 gram), a powtórę objętość gazów zmienia się znacznie od niewielkich nawet wahań temperatury. Potrzebne tu są więc odpowiednie naczynia, wagi oraz inne przybory. Wpływ temperatury na ciała ciekłe jest znacznie mniejszy, na stałe zaś bardzo nieznaczny, który można często pominąć. Dlatego oznaczanie gęstości gazów odbywa się zawsze w jednej temperaturze i przy jednakowym ciśnieniu. Do mierzenia temperatury potrzebny jest termometr, a do mierzenia ciśnienia — barometr.

## 29. Teraz powróćmy do metali.

Do metali lekkich zaliczane te, których gęstość jest mniejsza niż poczwórna gęstość wody (t. j. mniejsza od 4). Poczwórna gęstość wody stosujemy jako granicę do podziału metali dlatego, że przy tym podziale otrzymujemy dwie grupy metali, najbardziej różniące się między sobą swymi własnościami. A więc metale lekkie mają gęstość mniejszą od 4. Dzielimy je na trzy grupy niżej przytoczone, z których każda obejmuje następujące ważniejsze metale.

**Metale alkaliczne. Metale alkaliczno-ziemne. Metale ziemne.**

|       |        |      |
|-------|--------|------|
| Sód   | Magnez | Glin |
| Potas | Wapń   |      |

I z tych pierwiastków niektóre znacie lub o nich słysze-  
liście. Może nawet mieliście w ręce glin (aluminjum) bo wyrabiają z niego przedmioty, jak naczynia, klucze, łyżeczki. Mając w ręce przedmiot glinowy odrazu spostrzegamy, jak lekkim jest ten metal. Ma on barwę szarą, nieco może do srebra zbliżoną, ale nie błyszczącą; jest tylko 2,7 razy cięższy od wody.

W podziale naszym zaliczyliśmy go do metali ziemnych nie bez powodu. Rzeczywiście znajduje się on w ziemi, ale ziemia składa się przecież z bardzo wielu rozmaitych skał i minerałów. Jednakże wiele z nich zawiera w sobie glin w postaci związanej z tlenem, czyli tlenek glinowy. Znaczną zwłaszcza ilość tlenku glinowego zawierają rozmaite gliny. To też nazwa glin jest bardzo odpowiednia dla tego metalu. Z tego już można wnosić, że metal ten jest bardzo rozpowszechniony w przyrodzie. Jeżeli jest stosunkowo jeszcze do-  
syć drogi, to tylko dla tego, że w celu wydobycia go z jego związków trzeba poświęcić dużo pracy i kosztów. Np. z tlenku glinowego nie można wydzielić glinu przez proste ogrzanie, lecz dopiero przez rozkład zapomocą elektryczności w temperaturze bardzo wysokiej. A więc do otrzymania glinu zużywa się znaczną ilość pracy, czyli energii i dlatego nie jest on tani.

Jednakże energia, zużyta do otrzymania glinu tkwi w nim i może być zpowrotem wydobyta. W celu okazania tego zmieszajmy 1 część proszku glinowego z 2 cz. tlenku żelaza sproszkowanego. Obydwa proszki należy prędko dobrze wysuszyć w gorącu. Mieszankę wsypujemy do tygla glinianego albo w otwór wydrążonej cegły i zapalamy ją zapomocą cienkiej



taśmy magnezowej, wetkniętej w mieszaninę; taśmę zapalamy zapalką. Od magnezu zapali się cała mieszanina, zagrzewając się nadzwyczaj mocno, aż do białości. Ciepło, które się przytem wydziela, użytkować można do różnych celów, np. do topienia, do robót kowalskich. Podczas tego procesu z tlenku żelaza wydziela się metaliczne żelazo, zaś glin metaliczny przemienia się na tlenek glinowy:

tlenek żelaza + glin = żelazo + tlenek glinowy.

Ponieważ podczas łączenia się glinu z tlenem wydziela się więcej energii, niż jej potrzeba do oddzielenia tlenu od żelaza, przeto nadmiar jej daje się użytkować w postaci ciepła, jak wskazano wyżej.

Z metali alkaliczno-ziemnych znamy już nieco magnez, bo użyliśmy go do paru doświadczeń. Biały ten, lekki metal, powierzchnie podobny do glinu, płonie po zapaleniu z silnym blaskiem. W postaci taśmy stosujemy go niekiedy zamiast światła elektrycznego, np. przy fotografowaniu w nocy. Widzicie, że spalając się, tworzy on biały proszek; jest to tlenek magnezowy, gdyż, jak wiecie, palenie się jest łączeniem się ciał z tlenem. Mocne światło, towarzyszące zjawisku, świadczy, że podczas łączenia się magnezu z tlenem uwalnia się bardzo dużo energii (pracy), która okazuje się nam w postaci ciepła i światła.

Magnez otrzymują ze związków jego podobnie do glinu, t. j. zapomocą pracy elektrycznej. Występuje w przyrodzie zwłaszcza w postaci związku z tlenem i jest bardzo pospolity. Istnieją np. całe pasma górskie, składające się z minerału **dolomitu**, zawierającego dużo związków magnezu. Tlenek magnezowy, znany pod nazwą magnezji białej, używa się w lecznictwie; również związkiem magnezu jest **sól gorzka**.

Jeszcze bardziej rozpowszechnionym w przyrodzie jest **wapń**, ale również nie w postaci metalu czystego, lecz jego związków. Wydzielenie tego metalu ze związków wymaga jeszcze większej ilości pracy niż wydzielenie magnezu, a spala się on jeszcze łatwiej. Samego wapnia nie znacie, ale na pewno słyszeliście o wapnie, wapieniu oraz innych związkach wapieniowych. Wapień tworzy całe skały i pasma górskie; zawiera on dużo wapnia związanego z tlenem i węglem. Kreda i marmur są bardzo podobne do wapienia; wszystkie po obla-

niu kwasem burzą się i wydzielają z siebie gaz. Mówimy, że wykazują tę samą reakcję chemiczną.

Z wapienia wypalają wapno palone, które gasi się (lasuje) wodą, dając wapno lasowane; zmieszane z wodą, piaskiem i gliną wapno to daje zaprawę mularską.

Do omówienia pozostają jeszcze metale alkaliczne. Metale to szczególnie. Te okrągłe szare pręciki, przechowywane w słoiku w naftę, to metal sód. Trudno dopatrzeć się w nich metalu, ale to tylko dlatego, że nawet przy najkrótszym zetknięciu się z powietrzem sód natychmiast łączy się z tlenem i na powierzchni metalu tworzy się biaława powłoka tlenku sodowego. Jeśli rozkładać pręcik, zobaczycie na świeżych powierzchniach przekroju srebrną barwę metaliczną sodu, która jednakże prawie od razu traci swój połysk, pokrywając się warstwą szarego tlenku.

Nafta chroni sód od dostępu powietrza. Ale dlaczego np. w tym celu nie używamy wody? Odpowiedź na to pytanie powinniście znaleźć sami. Wszak woda zawiera tlen, z którym sód bardzo chciwie się łączy. Zamiast tłamaczenia wrzucmy kawałeczek sodu wielkości ziarna grochu na misę z wodą. Pływa on na powierzchni, rozgrzewa się i biega po wodzie, wciąż malując. Teraz następuje lekki wybuch i wkońcu sód zupełnie znika.

Sód odbiera wodzie tlen i łączy się z nim na tlenek sodowy, który rozpuszcza się w wodzie. Metal ten nie może więc istnieć w przyrodzie w postaci wolnej, lecz tylko w postaci związków. Nawet i tlenek sodowy też w przyrodzie nie istnieje, lecz otrzymuje się go sztucznie. Najbardziej rozpowszechnionym związkiem sodu jest **sól kuchenna**, o której raz już wspomnieliśmy, mówiąc o chlorze (str. 55). Soda do prania jest również związkiem sodu.

Do sodu bardzo podobnym jest **potas**, mający te same prawie własności chemiczne. Jest mniej rozpowszechniony od sodu. Ze związków potasowych znana jest **saletra i potas**, dobywany z popiołu drzewnego. Dowodzi to, że potas obecny jest w roślinach, które czerpią go z ziemi; jest on dla nich bardzo ważnym pokarmem. Do ziemi dostaje się potas ze skał, gdyż jest on składnikiem wielu minerałów. Rozumie się, że wszędzie, gdzie wspomnieliśmy o potasie, występuje on nie jako metal, lecz w postaci związków; metal czysty nie



mógłby bowiem istnieć, gdyż natychmiast połączyłby się z tlenem.

30. Teraz przejdźmy do grupy drugiej metali, mianowicie do **metali ciężkich**. Należą do nich metale znane już od bardzo dawna, jak miedź, złoto, żelazo, cyna i ołów. Poznano je pierw niż inne dlatego, że niektóre, np. złoto, występuje na ziemi w stanie wolnym, jako złoto rodzime, inne zaś łatwiej było wytapiać z rud; miedź i cynę stosowano wcześniej niż żelazo, gdyż dobywanie żelaza jest o wiele trudniejsze.

Metale ciężkie również ułożymy w kilka grup, przedstawiając tylko na najważniejszych:

|        |        |        |         |
|--------|--------|--------|---------|
| Żelazo | Nikiel | Srebro | Złoto   |
| Mangan | Chrom  | Cyna   | Platyna |
| Kobalt | Cynk   |        |         |

Prawie wszystkie te metale znacie lub o nich słyszeliście. Najlepiej znacie żelazo. Wiecie jak łatwo rdzewieją przedmioty żelazne, leżąc na powietrzu. Dzieje się to dlatego, że żelazo łatwo łączy się z tlenem, zwłaszcza w powietrzu wilgotnym, t. j. w obecności wody. Przekonacie się o tem łatwo, zostawiając błyszczący nóż żelazny na pewien czas na dworze lub w pokoju. Rdza jest to więc związek żelaza z tlenem i ma barwę czerwonawą. Jeżeli przyłącza się do niej jeszcze i woda, barwa staje się bardziej pomarańczową. Do żelaza bardzo podobny jest **mangan**. Jego związek z tlenem użyty był przez nas do otrzymania tlenu z soli Bertholleta pod nazwą braunsztynu. Dodawaliśmy go w celu ułatwienia wydzielania się tlenu (str. 44). Również i **kobalt** jest podobny do żelaza. Pewien związek kobaltu ma barwę niebieską i używany jest jako farba, zwana błękitem kobaltowym. Kobalt nie rdzewieje na powietrzu.

**Nikiel** znacznie już różni się od żelaza barwą. Jest to metal biały o barwie nieco podobnej do srebrnej. W powietrzu nie rdzewieje, zachowując swą barwę. Z tego względu zaczęto wyrabiać z niklu naczynia kochenne, ale wycofano je z użycia, gdyż okazało się, że związki niklu są trujące, a z naczyń zawsze odrobina metalu dostaje się do pożywienia. Nikiel używany jest też do niklowania, t. j. powlekania niklem przedmiotów żelaznych w celu zabezpieczenia ich przed rdzą. W niektórych krajach robią z niklu drobną monetę.

**Chrom** znany jest w życiu powszedniem głównie z farb chromowych; tworzy on bowiem liczne związki zabarwione żółto i zielono, używane jako farby.

Ostatnim wreszcie metalem tej grupy jest **cynk**, który znacie stąd, że blacha cynkowa bywa używana do pokrywania dachów, wyrobu rynien, naczyń, wanien. Barwa cynku jest jasno-szara; topi się on znacznie łatwiej niż metale poprzednie. Tlenek cynku bywa używany jako farba biała.

Metale, znajdujące się w jednej grupie z miedzią, znacie bodaj najlepiej. **Miedź** ma piękną barwę ognisto-czerwoną i jest tak miękka, że daje się klepać młotkiem na zimno. Jeszcze miększy i łatwiej topliwy, ale znacznie cięższy od miedzi jest **ołów**. Gęstość ołowiu wynosi 11,4. Związki wytwarzane przez miedź i ołów są trujące.

Metale łatwo topliwe, t. j. topiące się w temperaturach niższych, w większości są dość miękkie; ale nie wszystkie metale miękkie łatwo się topią. Np. złoto i srebro są dość miękkie, a jednak topią się w temperaturach bardzo wysokich.

Jedynym metalem ciekłym w temperaturze zwykłej jest **rtęć**, nazywana niekiedy żywym srebrem. Używa się do wyrobu termometrów, barometrów. Wszystkie związki rtęci są trujące i znajdują zastosowanie w lecznictwie; np. sublimat bywa używany do dezynfekcji; jest to związek rtęci z chlorem.

W jednej grupie ze srebrem umieszczona jest **cyna**. Są to metale bardzo dobrze znane. Srebro używane jest do wyrobu monet, ozdób, kosztowności, łyżek i naczyń. Związki srebra są stosowane w lecznictwie (lapis) i do wyrobu klisz i papierów fotograficznych. Z cyny również wyrabiają naczynia, piszczałki do organów i papier cynowy, zwany cynfolją. Używają jej też do lutowania metali i pobielania naczyń kuchennych.

Nakoniec **złoto** jest przedstawicielem metali **szlachetnych**, do których należy też platyna; zaliczamy do nich właściwie również srebro i rtęć. Nazwa metali szlachetnych nadana została metalom tym nie ze względu na wysoką ich cenę, bo są inne metale bardzo rzadkie i znacznie od nich droższe; nazwano je tak dlatego, że przy ogrzewaniu nie tracą swego wyglądu i połysku, a więc zachowują się wręcz przeciwnie do tego, co spostrzegamy np. podczas ogrzewania żelaza. Metale szlachetniejsze—złoto i platyna—nie łączą się



bezpośrednio z tlenem wcale. Metale mniej szlachetne—srebro i rtęć—tworzą przytem tlenki, ale te przy ogrzewaniu natychmiast zpowrotem się rozkładają. Takie doświadczenie z tlenkiem rtęciowym wykonaliśmy już poprzednio. Chcąc metale te połączyć z tlenem należy zużyć energję, a samo tylko ogrzewanie pracy tej wykonać nie może.

Metale szlachetne łączą się z niektórymi pierwiastkami. Rozetrzjmy np. kroplę rtęci z siarką w moździerzku porcelanowym; utworzy się czarny proszek—związek siarki z rtęcią. Srebro też łączy się z siarką; spróbujcie monetę srebrną potrzeć mocno siarką zapomocą korka. Moneta poczernieje skutkiem utworzenia się na powierzchni związku srebra z siarką.

Złoto i platyna jako metale szlachetniejsze nie łączą się także i z siarką. łączą się one z chlorem, tworząc związki nietrwałe, rozkładające się od ogrzewania na pierwiastki.

Okazuje się tedy, że metale szlachetne są mniej czynne, gdyż nie chcą się łączyć z innymi pierwiastkami. Rozumie się, że nazwa, nadana im, jest tylko dowolna, a nawet można by na nią nie przystać z tego względu, że bezczynność i próżniactwo, lub też niechęć do bratania się z innymi wcale nie są oznakami szlachetności.

**Pytania.** Jak stwierdzić, które ciała są cięższe, a które lżejsze? Co jest cięższe, funt żelaza czy funt piór? Co to jest gęstość ciał? Jaki związek zachodzi pomiędzy gęstością a ciężarem? Jaki jest związek pomiędzy gęstością a objętością? Co oznacza 1 gram? Jaka jest gęstość wody? Jak znajdujemy gęstość ciał? Czy ciężar ciał zmienia się od ogrzewania? Co jest cięższe: czy 1 cm<sup>3</sup> (sześcienny) ołowiu w temp. 15°, czy w temp. 100°? Co to jest ciężar właściwy ciał? Jak znaleźć ciężar właściwy ciała stałego i cieczy? Jak dzielić metale? Jakie metale lekkie znacie? Jakie są metale ciężkie? Dlaczego metale przeważnie nie istnieją w przyrodzie w stanie wolnym? Czem wyróżniają się metale „szlachetne”? Które z pośród metali najłatwiej łączą się z tlenem?

## XV. Utlenianie

31. Wiecie już, co się dzieje na powietrzu z przedmiotami żelaznymi. Szyny kolejowe, obręcze kół i wszystkie przedmioty żelazne, wciąż stykające się z powietrzem, nie mają połysku metalicznego, lecz pokryte są warstwą rdzy.

Zostawcie nóż oczyszczony przez noc na dworze, a przekonacie się, że lekko zardzewieje. Można go będzie łatwo oczyścić, ale jeżeli poleży na powietrzu bardzo długo (np. kilka lub kilkanaście miesięcy), to doszczętnie zamieni się na rdzę, a wówczas łatwo rozkruszy się na drobne cząstki.

Przedmioty żelazne rdzewieją nawet wtedy, jeśli nie leżą bezpośrednio na powietrzu, ale znajdują się niezbyt głęboko w ziemi, co tłumaczymy tem, że powietrze łatwo przenika także i przez powierzchniowe, pulchne warstwy ziemi. Jak już wiemy, rdza jest to związek żelaza z tlenem. Powietrze, otaczające glob ziemski, składa się z tlenu i azotu. Przenika ono wszędzie i styka się nieustannie ze wszystkimi ciałami na powierzchni ziemi, a z niem przenika też i tlen. Jak tlen działa na ciała podczas tego zetknięcia, tego najlepszym dowodem jest rdzewienie żelaza. Podobnie do żelaza zachowuje się też wiele innych pierwiastków, a zwłaszcza metali, tylko że rdza, tworząca się na nich, nie zawsze ma barwę czerwona. Dlatego to tak niewiele metali występuje w przyrodzie w stanie wolnym, a te, które występują, nazwano metalami szlachetnymi, bo nie łączą się z tlenem. Wiele metali łączy się z tlenem bądź natychmiast, bądź też powoli.

Dlatego też większość ciał, znajdujących się na powierzchni ziemi zawiera w sobie tlen jako jeden ze składników. Jeżeli nawet wiele pierwiastków łączy się z tlenem bardzo wolno, to w ciągu setek tysięcy lub nawet milionów lat musiały one gruntownie połączyć się z tlenem. Związki pierwiastków z tlenem nazywamy **tlenkami** i tlenki takie spotykamy w przyrodzie bardzo często. Naprz. piasek jest tlenkiem krzemu; wielkie skupienia rdzy żelaznej, czyli tlenku żelaza znajdują się w ziemi w postaci rud żelaznych; woda, ten najważniejszy środek dla życia na ziemi, jest także tlenkiem wodoru. Wkrótce poznamy szereg rozmaitych tlenków, występujących w postaci minerałów.

Tworzenie się tlenków, czyli łączenie się ciał z tlenem nazywamy **utlenianiem**. Mówiąc o rdzewieniu żelaza, wyrażamy przez to, że ono utlenia się, t. j. łączy się z tlenem. Już sama nazwa tego pierwiastka zdradza jego własność zasadniczą podtrzymywania palenia. Tlenie jest to palenie się bardzo powolne, które zwykle odróżniamy od właściwego pa-



lenia się, przebiegającego przy zjawiskach światła i ciepła. Jeszcze większy płomień i mocniejsze światło widzimy podczas palenia się ciał w tlenie czystym. Widzieliśmy np., że żelazo spala się w tlenie, wydając światło i tworząc rdzę. Ale rdza tworzy się też i podczas leżenia żelaza na powietrzu, a jednak nie dostrzegamy przytem ani światła ani nie odczuwamy ciepła. W obu wypadkach tworzą się tlenki, jako wynik utleniania się, czyli spalania żelaza. Różnica jest tylko ta, że jeżeli przedmiot żelazny ma się spalić w tlenie czystym odrazu, należy go wpierw rozgrzać; wtedy zapłonie i spali się, wydając światło i ciepło. Ten sam przedmiot, leżąc na powietrzu, łączy się z tlenem, a więc spala się również, ale niezmiernie wolno, w ciągu miesięcy lub lat. Ciepło, jakie przytem może się wydzielić, wydziela się stopniowo w ciągu całego tego czasu, a więc uchodzi prawie niedostrzegalnie. Nic też dziwnego, że nie dostrzegamy przytem również i światła.

Powietrze zawiera tylko piątą część tlenu, więc też i utlenianie nie odbywa się w niem tak szybko, jak w tlenie czystym. Wyobraźmy sobie, co by się stało, gdyby zamiast powietrza otaczał nas czysty tlen! Otóż to powolne łączenie się ciał z tlenem jest naprawdę rodzajem tlenia, a stąd nazwa tlenu jest bardzo odpowiednia dla pierwiastka, będącego głównym sprawcą tych zjawisk. Warto zapamiętać, że nazwę tę nadał pierwiastkowi chemik polski Jan Oczapowski. Niedługo tlen nazywano kwasorodem (Oxygenium), przypuszczając, że jemu należy przypisać winę za kwaśne własności niektórych ciał. Rzeczywiście tlen jest składnikiem wielu kwasów, ale okazało się, że wcale nie on te własności powoduje.

32. Doskonałym przykładem tlenia jest próchnienie i butwienie drzewa i roślin martwych, leżących na powietrzu. Z czasem stają się pulchne i lekkie, stopniowo rozpalają się, zmniejszają i wreszcie giną zupełnie. Pod wpływem tlenu spalają się one, a jeżeli będą zabezpieczone przed dostępem powietrza, to spalaniu nie ulegają. Taki sam los spotyka również martwe ciało zwierząt i człowieka; nawet zagrzebane w ziemię, ciała te z czasem spalają się i pozostaje tylko popiół z kości. Ostatecznie więc rośliny i zwierzęta martwe spotyka ten sam los co i przy spalaniu w ogniu. Łączenie się ciał z tlenem jest przyspieszane przez ogrzewanie, ale,

jak widzimy, spalaniu nie zawsze towarzyszy światło i ogień. Płomień zjawia się dopiero wtedy, gdy temperatura ciał rozgrzewanych dosięgnie co najmniej 500°, poniżej tej temperatury ciała nie mogą się rozżarzyć i wydawać światła.

Węgiel np. zapala się i żarzy dopiero po dostatecznem rozgrzaniu się. Ale choć zimny węgiel w piwnicy nie płonie, jednak wciąż łączy się wolno z tlenem; tylko że ciepło wydziela się tu bardzo wolno, jak i podczas rdzewienia. Zdarza się jednak, że węgiel w dużych stosach zapala się niekiedy samorzutnie. Dzieje się to dlatego, że ciepło, powstające wewnątrz stosu, nie może rozpraszać się szybko, gromadzi się wewnątrz i temperatura wciąż wzrasta. W miarę rozgrzewania się utlenianie odbywa się coraz szybciej, aż wreszcie zjawia się płomień i światło.

Takich przykładów palenia się bez światła można przytoczyć więcej. Jednym z pospolitych jest **oddychanie** człowieka i zwierząt. Polega ono na tem, że tlen przenika do płuc, pochłaniany jest przez płuca i roznoszony po całym ciele. W ciele odbywa się to samo, co mówiliśmy o węglu i butwiejącym drzewie, czyli ciało zwolna spala się, a naturalnym wynikiem tego jest powstawanie ciepła. Człowiek martwy nie oddycha i dlatego ciało jego jest zimne. Lecz palenie służy nie tylko do ogrzewania. Ciało wykonywa rozmaitego rodzaju pracę, która przecież musi być skądś zaczerpnięta, gdyż powstać z niczego nie może. Otóż praca ta, czyli energia powstaje z ciepła.

Paląc się wciąż, ciało nasze szybko uległoby spalaniu, gdyby mu wciąż nie dostarczano paliwa. Paliwem tem są **pokarmy**. Zawierają one przedewszystkiem **węgiel**, a prócz tego azot, tlen oraz inne pierwiastki. Zwierzęta roślinnożerce odżywiają się roślinami, które zawierają bardzo dużo węgla. Zużyte pokarmy mają też inne jeszcze zadanie: służą do odbudowy zużytych części organizmu i jego wzrostu. Jeżeli porównamy ciało do maszyny parowej, to pokarmy będą odgrywały nie tylko rolę węgla, służącego na opał, lecz i materiału, służącego do uzupełniania i naprawy maszyny.

Że palenie i oddychanie są zjawiskami chemicznymi podobnymi, o tem łatwo się można przekonać. Podczas palenia się drzewa lub świecy węgiel łączy się z tlenem i powstaje



gaz niepodtrzymujący palenia. W jednym z poprzednich doświadczeń ustaliliśmy (str. 37), że gaz ten natychmiast zabiela wodę wapienną. Zanim dokładnie poznamy istotną przyczynę chemiczną tego zjawiska, możemy przekonać się, że ten



Rys. 31.

sam gaz wydziela się też z płuc naszych podczas oddychania. W tym celu nalejmy do czystej szklanki wody wapiennej i ustami wdmuchujmy przez rurkę powietrze wydychane z płuc (rys. 31). Po chwili woda wapienna zabieli się tak samo, jak w doświadczeniu poprzednim. Woda wapienna jest od-

czynnikiem na tworzący się podczas palenia gaz, zwany dwutlenkiem węgłowym.

**Pytania.** Gdzie należy szukać tlenu wolnego i gdzie związanego? Czy na wszystkie ciała tlen działa jednakowo? Co to jest utlenianie? Objasnić nazwę tlenu. Wskazać różnicę pomiędzy działaniem na ciała powietrza i tlenu. Objasnić zjawiska butwienia. Co szczególnego towarzyszy wszystkim zjawiskom utleniania? Czy te zjawiska zawsze przebiegają jednakowo i jakie różnice tu zachodzą? Porównać procesy oddychania i palenia się ciał? Czem są pokarmy dla człowieka i zwierząt? Jak wyobrażacie sobie energję?

## XVI. Tlenki naturalne

33. Ponieważ tlen otacza ziemię i przenika przez warstwy powierzchniowe i spękania skał skorupy ziemskiej do jej warstw głębszych, więc obecność w ziemi związków tlenu z innymi pierwiastkami jest zupełnie zrozumiałą. W rzeczywistości wśród składników skorupy ziemskiej występują po-  
policie tlenki.

Wszystkie ciała, z których skorupa, ziemską jest zbudowana, nazywamy **minerałami**. Wśród nich jest też dużo tlenków, które poznamy niżej. Mineralów jest bardzo dużo i różnią się one zarówno swym składem chemicznym jak i postacią krystaliczną, bardzo często bowiem należą one do ciał krystalicznych (zob. str. 25). Spotykamy pomiędzy nimi nie tylko

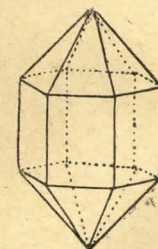
ciała stałe, ale także i ciecze. Tak np. woda i nafta należą również do mineralów, gdyż są składnikami skorupy ziemskiej i z ziemi są wydobywane. Woda należy do mineralów i dlatego jeszcze, że w stanie zmrożonym tworzy kryształki śniegowe. Każdy minerał ma swój odrębny skład chemiczny, a często też i swą własną postać krystaliczną, choć nie wszystkie minerały muszą tworzyć kryształy.

Poznajmy teraz zdarzające się wśród mineralów tlenki.

**Kwarc.** — Jednym z najpospolitszych mineralów jest kwarc. Jest to związek metaloidu krzemu z tlenem, zwany dwutlenkiem krzemowym —  $\text{SiO}_2$ . W najpospolitszej postaci występuje jako piasek morski, rzeczny i lądowy. Piasek składa się z bardzo drobnych zaokrąglonych kryształków kwarcu. Powstaje w przyrodzie z rozkruszonych skał, zawierających w sobie większe kryształy kwarcu, naprz. z granitów; po rozkruszeniu skał kryształy większe rozpadają się na drobne ziarenka piasku, które następnie unoszone są przez wodę do strumyków, rzek i mórz. Podczas biegu swego trą się one wzajemnie o siebie i zaokrąglają. W wodzie piasek prawie wcale się nie rozpuszcza i jest dla niej łatwo przesialkiwy.

Przez zlepianie się naturalne ziarn piasku powstaje skała, zwana **piaskowcem**. W kraju naszym znane są trzy odmiany piaskowca, mając obszerne zastosowanie praktyczne: czerwony i żółty piaskowiec gruboziarnisty z gór Świętokrzyskich, wydobywany głównie koło Zagnańska pod Kielcami i biały piaskowiec droboziarnisty, wydobywany pod Szydłowcem i Kunowem w ziemi Radomskiej. Piaskowiec używany bywa w budownictwie, na pomniki, płyty chodnikowe, oseeki, kamienie młyńskie i t. d.

Kwarc jest ciałem krystalicznym, tworzącem często pięknie wykształcone i wielkie kryształy zupełnie bezbarwne i przezroczyste. Kryształy takie mają postać słupów sześciokątnych zaokrąglonych na końcach (rys. 32), a boczne ściany słupów pokryte bywają bruzdkami poprzeczemi, po których łatwo kwarc można rozpoznać. O takich kryształach mówimy, że są połączeniem dwu postaci — słupa



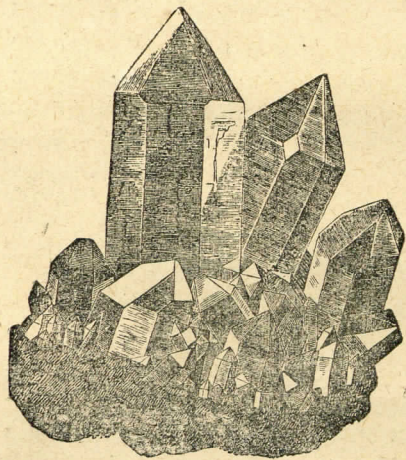
Rys. 32.



sześciokątnego z piramidą. Takie bezbarwne i przezroczyste odmiany kwarcu nazywamy **kryształem górnym** (rys. 33).

Zdarzają się często takie same kryształy, lecz zabarwione; wtedy otrzymują one inne nazwy. I tak kryształy zabarwione fioletowo nazywane są **ametystem**, odmiana barwy żółtej zwie się **cytrynem**, pomarańczowej — **topazem**. Okazy jakby lekko okopcone nazywamy **kwarcem przydymionym**, a zupełnie czarne — **morjonem**. Piękne okazy tych minerałów bywają używane jako kamienie ozdobne.

Kwarc zdarza się też i w odmianach zupełnie nie krystalicznych. Często tworzy on minerały bardzo podobne jakby do zakrzepłej galarety nieprzezroczystej i półprzeświecającej. Minerały te mają często postać okrągławych kamieni, dających się łupać i gładzić. Taką odmianą kwarcu jest np. **agat**, który na przekrojach ma piękne barwne smugi i pasma. Należy tu też **krzemień**, mający barwę szarą, żółtą lub nawet czarną. Krzemień łupie się na kawałki o bardzo ostrych brzegach; z tego powodu był używany przez człowieka pierwotnego do wyrobu noży, ostrzy do dzid i łuków oraz siekier. Do niedawna używano krzemienia jeszcze i u nas do krzesania ognia; od uderzenia krzemienia o żelazo sypią się iskry, zapalając hubkę.



Rys. 33. Kryształ górny.

Już z tego wnosić można, że krzemień jest ciałem twardym. Wogóle wszystkie odmiany kwarcu mają znaczną **twardość**. Jest to cecha dla minerałów bardzo ważna, bo po twardości często można rozmaite, nieznane sobie minerały poznać. Twardość minerałów badamy w ten sposób, że ostrym brzegiem jednego próbujemy rysować powierzchnię minerału drugiego; twardszym jest ten, który rysuje drugiego.

Użytek z kwarcu bywa rozmaity. Czysty piasek kwarcowy służy do wyrobu szkła. O zastosowaniu piaskowca już

nadmieniliśmy wyżej. Z pięknych odmian kryształu górnego dawniej zwłaszcza wyrzynano puchary i przedmioty ozdobne, które z powodu odporności kwarcu nie zmieniają się na powietrzu i są bardzo trwałe. Soczewki kwarcowe są używane jako drogie szkła do okularów i różnych przyrządów astronomicznych. Z kwarcu topionego wyrabiają naczynia chemiczne bardzo odporne na działanie gorąca.

Kwarc jest minerałem bardzo ważnym i dlatego jeszcze, że wchodzi on w skład najpospolitszych i najważniejszych skał na ziemi.

**Glina.** Do tlenków należy też glina — minerał bardzo rozpowszechniony i ważny. Zbadanie kawałka gliny mokrej łatwo nas przekona, że składa się ona z miążkiego proszku szaro-żółtego, który z wodą tworzy ciasto plastyczne. Temu właśnie zawdzięcza glina swe zastosowanie do wyrobu naczyń, cegły, lepienia figur i rzeźby. Pod względem chemicznym glina jest tlenkiem glinowym, t. j. składa się z metalu glinu (aluminium) i tlenu ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). Taki czysty tlenek glinowy ma postać zupełnie białego proszku. W rzeczywistości istnieje też i taka zupełnie biała glina, zwana **glinką porcelanową** albo **kaolinem**; wyrabiają z niej porcelanę. Glina zwyczajna zwana też garncarską ma barwę odmienną wskutek obecności zanieczyszczeń, głównie rdzy żelaznej, piasku i t. d. Po wypaleniu zmienia ona barwę na czerwoną; zapoznawszy się z tlenkami żelaza, przyczynę tego łatwo zrozumiemy.

Glina tworzy się podczas wietrzenia, czyli kruszenia i rozpadania się skał, mianowicie granitów. Zawarty w granicie minerał skałen pod działaniem powietrza i wody rozpada się na proszek, który unosi woda i składa go w zagłębieniach ziemi w postaci pokładów i warstw gliny. Glina nasiąka wodą, ale jest dla niej nieprzeziąkliwa.

Tlenek glinowy występuje również i w postaci minerału krystalicznego, niezmiernie twardego i przezroczystego, zwanego **korundem**. Korund zabarwiony na czerwono zwie się **rubinem**, na niebiesko zaś **szafirem**; są to znane kamienie drogocenne. Pospolita nieprzezroczysta odmiana korundu nazywa się **szmerglem** i służy jako materiał szlifierski oraz do wyrobu papieru szmerglowego.



**34. Tlenki żelaza.** Do tlenków żelaza należą trzy pospolite minerały: **limonit, hematyt i magnetyt**, zwane rudami albo kruszcami żelaznymi. Rudami albo kruszcami nazywamy takie minerały lub skupienia mineralne, z których opłaca się dobywać pożyteczne metale ciężkie, a więc żelazo, miedź, ołów, cynę, srebro i t. d. Szczególniej doniosłe znaczenie mają dla ludzkości kruszce żelazne, a większe ich skupienia w ziemi są dla kraju bogactwem naturalnem. Wiadomo bowiem, że obecnie cały przemysł opiera się na żelazie.

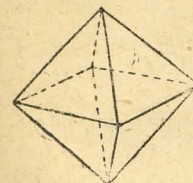
**Limonit.** Mineral ten jest jakby wielkimi skupieniami rdzy żelaznej, czyli tlenku żelazowego, ale prócz żelaza i tlenu zawiera jeszcze i wodę. Najlepiej się o tem przekonamy, ogrzewając pokruszony limonit w probówce suchej nad lampką; wydziela się z niego para wodna, osiadająca w postaci kropelek wody na zimnych częściach rurki. Limonit nie tworzy nigdy kryształów i znajduje się tylko w krystalicznych skupieniach, ułożonych włóknisto lub w masach zbitych i ziemistych. Rdza żelazna bywa żółto-pomarańczowa, ale limonit miewa też barwę brunatną, a nawet czarnawą. Kawałki jego bywają nieraz kruche, ale niekiedy są twarde i nie dają się zarysować nożem. Kwarce rysuje je bardzo łatwo. Proszek limonitu zawsze jest żółty.

Szczególną odmianą limonitu jest **ruda bagienna i darniowa**, tworząca się w wielu moczarach i bagnach na łąkach podmokłych. Są to masy ziemiste i roślinne przesiąknięte rdzą żelazną.

**Hematyt.** Jest to również rdza żelazna, czyli tlenek żelazowy ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), różniący się od limonitu tem, że nie zawiera wody. Z tego powodu barwa hematytu jest czerwona, zwłaszcza widoczna po sproszkowaniu mineralu. Mineral ten tworzy niekiedy kryształy płaskie, tabliczkowate. Hematyt zbity lub włóknisty barwy czerwonej nazywany bywa **żelaziakiem czerwonym**. Gatunek odznaczający się barwą stalowo-szarą i połyskiem metalicznym ma nazwę **błyszczu żelaznego**. Wszystkie odmiany hematytu po sproszkowaniu są czerwone. Hematyt jest cenniejszą rudą żelazną niż limonit bo zawiera więcej żelaza.

**Magnetyt.** Najbogatszym kruszczem żelaznym jest jednak magnetyt. Jest to tlenek żelaza, którego symbol chemiczny można wyrazić przez  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ . Często tworzy kryształy ośmio-

ściennie (rys. 34), ale zwykle znajduje się w zbitych lub ziarnistych masach krystalicznych. Barwę ma stalowo-szarą z połyskiem metalicznym. Nazwa magnetytu powstała stąd, że przyciąga on drobne przedmioty żelazne jak magnes (rys. 35) i sam jest przez magnes przyciągany. Magnetyt sproszkowany ma barwę czarniawą.

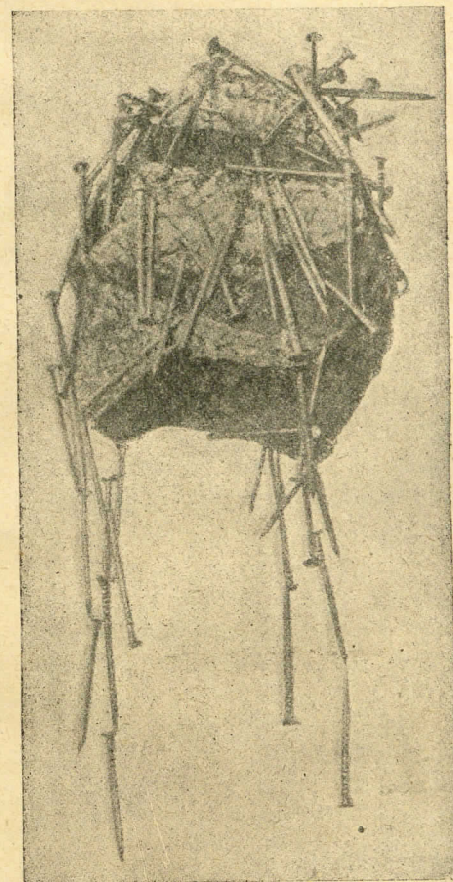


Rys. 34.

Bardzo często trudno jest odróżnić z wyglądu wszystkie te trzy kruszce żelazne. Wtedy uciekamy się do zbadania ich od-

ębnych własności. Przede wszystkim możemy skorzystać z tego, że wszystkie trzy kruszce mają odrębne barwy po sproszkowaniu. Wogóle minerały często miewają inne zabarwienie w kawałkach, a inne w proszku. Żeby zobaczyć barwę proszku nie potrzeba mineralu ucierać, lecz wystarczy zrobić nim **rysę** na białej płytce porcelanowej szorstkiej. Wtedy mineral ściera się i rysa ma barwę proszku. Limonit daje rysę żółtą, hematyt czerwoną, magnetyt czarniawą. Dalej magnetyt odróżnić można od poprzednich po jego właściwościach magnetycznych.

Jaka jest różnica pomiędzy limonitem i hematytem, już wiecie i domyślicie się zape-



Rys. 35.



wne, dlaczego cegły, wyrobione z gliny żółtej czerwienieją po wypaleniu.

**Pytania.** Co nazywamy minerałem? Czem minerały różnią się nawzajem? Co to jest kwarc? Z czego powstaje piasek? Co to jest piaskowiec i gdzie on u nas występuje? Jaką postać mają kryształy kwarcu? Jakie znamy odmiany tego minerału? Dlaczego zwracamy uwagę na twardość minerałów i jak ją poznajemy? Co to jest glina, jak ona powstaje i jakie ma własności? Wymienić odmiany gliny? W jakich odmianach występuje tlenek glinowy? Co to są rudy? Jakie rudy żelazne znamy? Wskazać zachodzące pomiędzy nimi różnice sposobu odróżnienia tych trzech rodzajów rud. Wskazać znaczenie rysu w badaniu minerałów.

## XVII. Wodór

35. Pomiędzy tlenkami należałoby również umieścić wodę, gdyż jest ona związkiem tlenu z wodorem, lecz będzie o niej mowa później, gdy poznamy drugi pierwiastek, mianowicie **wodór**.

Sądząc z rozkładu tlenku rtęciowego, również i woda od ogrzewania powinna się rozłożyć na wodór i tlen. Rzeczywiście można tego dokonać, stosując pewne urządzenia i ogrzewając wodę do temperatury bardzo wysokiej, ale nawet i wtedy otrzymamy mieszaninę wodoru i tlenu, którą trzeba dopiero rozdzielać, co również nie jest rzeczą prostą. Z tego względu zastosujemy inny sposób rozkładu wody i oddzielenia obu składających ją pierwiastków. Zastosujemy sposób, przy którym wodór wydzieli się z wody w stanie wolnym, tlen zaś zostanie związany z innym pierwiastkiem.

Do tego doświadczenia zastosować musimy taki pierwiastek, któryby łatwo łączył się z tlenem. Przypominacie sobie metale sód i potas, z którymi już robiliśmy doświadczenia. Sód jest składnikiem soli kuchennej i, jak widzieliście, łączy się on z tlenem już w temperaturze zwykłej. Jeżeli kawałek sodu owiniemy w bibułę i umieścimy szczypcami pod cylindrem napełnionym wodą i odwróconym do góry w szero-

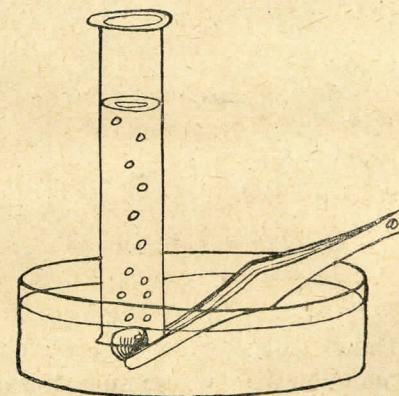
kiej misce z wodą (rys. 36), to sód ginie stopniowo z bibuły, a równocześnie uchodzą do góry pęcherzyki gazu, który zbiera się nad wodą w cylindrze.

Sód działa na wodę w ten sposób, że odbiera jej tlen, sam się z nim łączy i tworzy tlenek sodowy, wodór zaś wydziela się w stanie wolnym i zbiera się nad wodą. Żeby napełnić nim cały cylinderek, powtarzamy doświadczenie jeszcze raz. Jeżeli wziąć odrazu zbyt wielki kawałek sodu, narazimy się na pewne niebezpieczeństwo, gdyż reakcja przebiega zbyt gwałtownie. Sód owijamy w bibułę dlatego, gdyż w przeciwnym razie nie dałby się on utrzymać szczypcami; zanurzony w wodę wyskakuje i kręci się na powierzchni w postaci płynnej kulki.

Tak więc sód odbiera wodzie tlen i sam się z nim łączy, wodór zaś zostaje uwolniony. Wynika z tego, że albo tlen chętniej łączy się z sodem niż wodorem, albo sód jest silniejszy od wodoru i dlatego odbiera mu tlen. Możemy wnosić, że pewne pierwiastki rzeczywiście więcej niż inne są uzdolnione do łączenia się z pierwiastkami innymi, np. sód łatwiej łączy się z tlenem niż wodór.

Jednakże nie widzimy tlenku sodowego, który tworzy się w tem doświadczeniu; bibuła w którą owinięto sód, jest pusta. Dzieje się to dlatego, że tlenek sodowy bardzo łatwo rozpuszcza się w wodzie. O obecności jego przekonujemy się łatwo, próbując smak pozostałej wody na języku; otrzymujemy wrażenie smaku gryzącego, mydlanego, między palcami zaś roztwór wydaje się śliskim. Oto jest **reakcja** na związek, jaki tu powstał i który ze względu na jego mydlane własności nazywamy **ługiem sodowym**. Będzie o nim mowa jeszcze potem, a tymczasem wróćmy do wodoru.

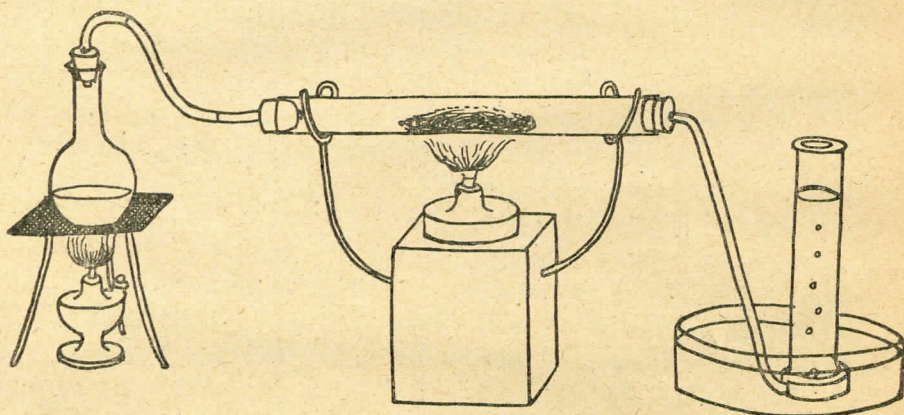
Można jeszcze w inny sposób rozłożyć wodę, wydzielając z niej wodór i odbierając tlen zapomocą pierwiastka innego, tworzącego tlenek, pozostający na miejscu. Doświadczenie



Rys. 36.



to jest jednak trudniejsze do wykonania. W rurę żelazną lub ze szkła trudnotopliwego (rys. 37) sypiemy żelaza lub miedzi sproszkowanej. Z jednej strony wprowadza się do rury parę wodną, wytwarzaną w kolbie, ogrzewanej lampką. od spodu rurę ogrzewa się mocno silnym płomieniem gazowym (albo w węglach rozżarzonych). Rozżarzone żelazo, stykając się z parą wodną, odbiera wodzie tlen i łączy się z nim na tlenek żelaza, wodór zaś uchodzi przez drugi koniec rury i przez rurkę gumową lub szklaną odprowadzany jest pod cylinderek, napełniony wodą.



Rys. 37.

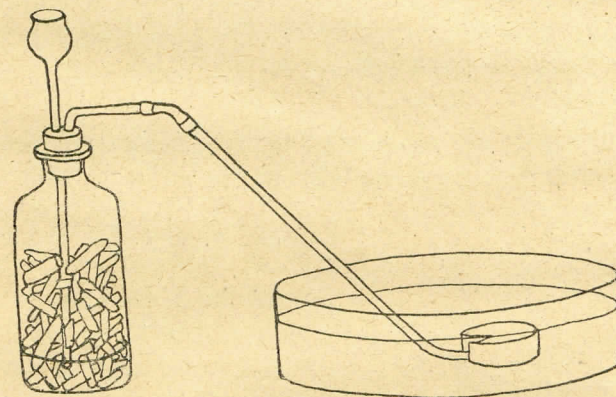
W końcu doświadczenia w rurze pozostaje czerwony tlenek żelaza albo czarny tlenek miedzi (jeśli użyto miedzi metalicznej), w cylindreczku zaś wodór zebrał się nad wodą.

36. Zapomocą obu tych sposobów okazać można, że woda zawiera w sobie wodór i że gaz ten może być przez rozkład wody otrzymany. Sposoby te nie są jednak dogodne, jeśli idzie o otrzymywanie wodoru stałe i w ilościach większych, co niezbędne jest przecież podczas poznawania własności tego pierwiastka.

Do celów praktycznych najlepiej jest otrzymywać wodór z innych jego związków, które wydzielają go jeszcze łatwiej niż woda. Do związków takich należą kwasy, a z nich najbardziej znany kwas siarkowy i kwas solny. Kwas solny składa się z wodoru i chloru. Związek chloru z wodorem nazywamy chlorowodem. Roztwór chlorowodoru w wodzie

nazywa się pospolicie kwasem solnym. Dolejmy troszkę tego kwasu do wody i spróbujmy smak roztworu. Jest kwaśny i niezbyt przyjemny. Również smak kwaśny mają inne kwasy, które właśnie po tym smaku możemy rozpoznać.

Otrzymujemy teraz wodór. Do kolby lub butelki o szyjce szerokiej wrzucimy drobnych kawałków cynku lub nabytych u blacharza skrawków blachy cynkowej (rys. 38). Zatkajmy butelkę korkiem z dwoma otworami; przez jeden otwór przechodzi do dna butelki rurka szlana u góry lejkowato rozszerzona, przez drugi zaś rurka krótka, zgięta kolankowato. Rurkę



Rys. 38.

łączymy gumką z dłuższą rurką zakrzywioną, odprowadzającą gaz, którą używaliśmy już przy zbieraniu tlenu pod wodą (str. 42 rys. 23). Gdy tylko nalejemy przez lejek kwasu i ten zetknie się z cynkiem, natychmiast zacznie się wydzielać wodór. Uchodzący gaz bulgocze w misce z wodą, ale to jeszcze nie wodór, lecz powietrze, uchodzące najpierw z butelki. Przekonamy się o tem, napełniając najpierw probówkę gazem w sposób już wiadomy. Zbliży natychmiast otwór probówki do płomienia: nie zauważymy nic szczególnego.

Teraz napełnijmy gazem inną probówkę i znów zbliży ją do płomienia: usłyszymy lekki, świszczący wybuch. Doświadczenie to powtórzmy jeszcze kilkakrotnie. Wybuchy powtarzają się wciąż jeszcze, aż wreszcie gaz zapala się zupełnie spokojnie. Teraz z butelki dobywa się już czysty wodór i możemy nim napełnić naczynia. Gdy wydzielanie się



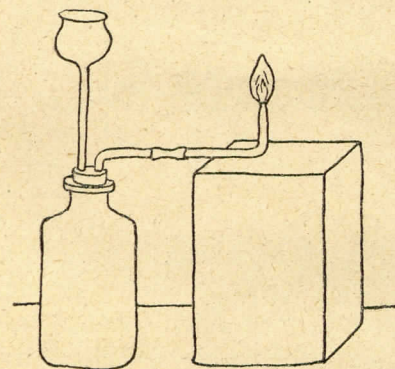
gazu osłabnie, dolewamy trochę kwasu, a prąd gazu znów się wzmacnia.

W jaki sposób tłumaczymy działanie kwasu na cynk i wydzielanie się wodoru? Odbywa się tutaj proces podobny do tego, jaki widzieliśmy przy wydzielaniu się wodoru z wody pod działaniem sodu albo żelaza rozżarzonego. Chlor kwasu solnego chętniej łączy się z cynkiem niż z wodorem, porzuca on przeto wodór i przechodzi do cynku, wodór zaś wydziela się w stanie wolnym. Porównajcie obydwie te procesy na wzorach, a przekonacie się o ich podobieństwie:

Woda + sód = wodór + tlenek sodowy  
(wodór i tlen) (tlen i sód)

\*Kwas solny + cynk = wodór + chlorek cynkowy  
(wodór i chlor) (chlor i cynk)

Cynk łączy się z chlorem, tworząc chlorek cynkowy, którego nie widzimy, gdyż rozpuszcza się on w wodzie.

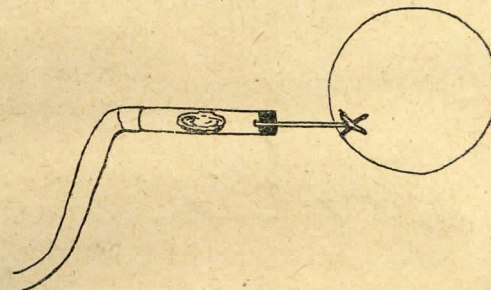


Rys. 39.

Widzieliśmy też, że wodór czysty pali się spokojnie i nie wybucha. Dopóki w butelce było powietrze, wydzielał się wodór zmieszany z niem i wtedy słyszeliśmy wybuchy przy zapaleniu. Sprawdźmy to ponownie. Nalejmy połowę probówki wody, zatkajmy otwór palcem, odwróćmy i umieśćmy otworem pod wodą. Połowa probówki napełniona jest powietrzem. Następnie drugą połowę napełnijmy wodorem. Zbliżwszy otwór probówki do płomienia, usłyszymy wybuch. przekonamy się więc, że mieszanina wodoru i powietrza przy zapaleniu wybucha. Jeżeli mieszaninę taką zapalić w butelce, to wybuch może ją rozerwać, a kawałki szkła, rozlatując się dokoła, mogą poranić obecnych. Dlatego też podczas otrzymywania wodoru zawsze należy sprawdzać, jak to już robiliśmy, czy powietrze zupełnie zostało wyparte przez wodór; wtedy dopiero gaz można zacząć zbierać i zapalać go w większych ilościach.

Wybuch mieszaniny wodoru i tlenu tłumaczmy w sposób następujący: w obecności powietrza wodór zmieszany jest z tlenem we wszystkich miejscach naczynia. Ponieważ tlen podtrzymuje palenie, to po zapaleniu mieszaniny w jakimkolwiek punkcie płomień może rozprzestrzeniać się po całej mieszaninie, gdyż wszędzie jest obecny tlen. To gwałtowne zapalenie się całej mieszaniny powoduje wybuch. Gdy zaś wodór czysty płonie w powietrzu, to łączy się on z tlenem tylko w tem miejscu, w którym obydwie gazy stykają się i mieszają z sobą. Mieszanina wodoru i tlenu (albo powietrza) nazywa się **mieszaniną piorunującą** lub **gazem piorunującym**.

Ciekawe doświadczenie ze spalaniem większej ilości wodoru naraz wykonywa się w następujący sposób: w rurkę przyrządu wytwarzającego wodór wkładamy lekko kawałek waty i umieszczamy słomkę rozszczepioną na końcu, jak do puszczania baniek mydlanych (rys. 40). Słomkę umocowujemy w rurce zapomocą kitu lub gipsu rozrobionego z wodą. Rozrobiwszy w wodzie kawałek mydła, maczamy koniec słomki i ostrożnie wydymamy bańki mydlane wodorem, regulując dopływ gazu przez ściskanie palcami rurki gumowej. Bańki nie powinny być zbyt wielkie, żeby nie pękały. Oderwawszy się od słomki, bańki szybko **unoszą się do góry**. Wtedy zręcznie zbliżamy do nich zapaloną świecę; od jej płomienia zapalają się one z wielkim hukiem. Huk ten powstaje od tego, że spala się odrazu większa ilość wodoru otoczonego dookoła tlenem.



Rys. 40.

Doświadczenie to pozwala nam poznać jeszcze jedną własność wodoru. Powiedzieliśmy, że bańki unoszą się do góry. Bańki mydlane wydęte ustami zachowują się wręcz przeciwnie—opadają na dół. Łatwo odgadnąć przyczynę tego: bańki wydęte ustami muszą być cięższe od powietrza, bańki zaś wydęte wodorem są lżejsze od powietrza. Barwne baloniki gumowe, puszczane przez dzieci na nitce, są również wydęte wodorem. Wodór bywa też używany do wydymania balonów



i wielkich statków powietrznych, które w tej wojnie odegrały wielką rolę.

O lekkości wodoru przekonać się można jeszcze w inny sposób: napelniwszy nim dwie probówki, jedną trzymamy otworem na dół, drugą zaś obróćmy do góry. Następnie zbliżmy do tej ostatniej szczypkę zapaloną, pogrążając ją na chwilę do środka probówki; szczyпка pali się dalej spokojnie, to znaczy, że wodoru w probówce już nie ma. Gdy teraz otwór pierwszej probówki zbliżmy do płomienia, natychmiast wodór zapali się. Widzimy więc, że wodór uchodzi z naczynia odwróconego otworem do góry, gdyż jest gazem lżejszym od powietrza, natomiast pozostaje w naczyniu odwróconem otworem na dół. Jako ciało lżejsze od powietrza, unosi się on w powietrzu do góry, jak korek unosi się na powierzchni wody.

Wodór jest najlżejszym ze wszystkich ciał w przyrodzie. Jest on 14 razy lżejszy od powietrza.

37. Wykonajmy teraz inne doświadczenie z wodorem. Do przyrządu wytwarzającego wodór dołączamy zapomocą gumy rurkę szklaną z końcem zwężonym<sup>1)</sup> i zapalamy wodór u wylotu (rys. 40). Nad płomieniem umieszczamy suchą, zimną szklankę, jak to już robiliśmy w doświadczeniu ze świecą (str. 38). Natychmiast zauważymy tworzenie się na ścianach szklanki kropelek wody. Podczas palenia wodór utlenia się, czyli łączy się z tlenem i powstaje woda. Wszak mówiliśmy już na początku, że wodór i tlen są składnikami wody. Obecnie tworzenie się wody stwierdziliśmy doświadczalnie.

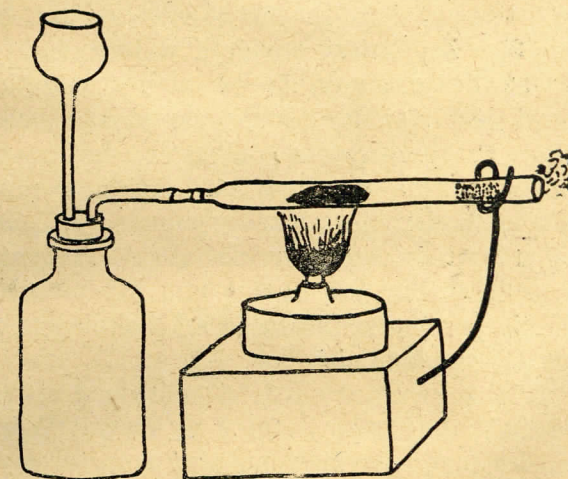
Wodór łączy się nie tylko z tlenem wolnym, ale odbiera również tlen innym związkom. Weźmy np. znany nam już dobrze tlenek rtęciowy, ów czerwony proszek, z którego otrzymywaliśmy tlen (str. 49). Wsypmy trochę tego proszku do rurki szklanej, którą połączmy z przyrządem, wytwarzającym

<sup>1)</sup> Rurki zwężone na końcu lub przewężone pośrodku robi się w następujący sposób: rurkę ogrzewamy w płomieniu lampki, obracając ją wciąż dotąd, aż szkło zmięknie; wtedy wyciągamy rurkę z obu stron i po ostygnięciu przecinamy pilnikiem na dwie części. Jeśli po rozmięczeniu szkła ciągnąć zbyt szybko, powstają rurki bardzo cienkie i delikatne; ciągnąc wolno, otrzymamy rurki grubsze.

wodór (rys. 41). Następnie ostrożnie i lekko ogrzewamy rurkę w miejscu, gdzie znajduje się proszek, płomieniem lampki, przepuszczając równocześnie wodór. Po chwili zauważymy, że z proszku wydziela się rtęć metaliczna. Nie byłoby w tem nic szczególnego, bo wiemy już, że tlenek rtęciowy rozkłada się od ogrzewania na rtęć i tlen. Ale w tym wypadku prócz rtęci widzimy w końcu rurki kropelki osiadające na szkłe wody. To wodór odebrał tlenowi rtęciowemu tlen i połączył się z nim na wodę, rtęć zaś wydzieliła się w stanie wolnym.

Nie tylko tlenek rtęciowy, lecz również wiele innych tlenków metali można w taki sposób przemienić na metale.

Sposób ten polega na odjęciu tlenu i nazywa się **odtlenianiem**, czyli jest on procesem wręcz przeciwnym do utleniania, t. j. dodania albo przyłączenia tlenu. Przemiana metalu na tlenek jest utlenieniem, przemiana tlenku na metal jest odtlenieniem. Wodór



Rys. 41.

zaś dzięki własności odtleniania, czyli odbierania tlenu nazywany bywa środkiem **odtleniającym**.

Warto wykonać kilka doświadczeń z odtlenianiem różnych tlenków metali, np. tlenku miedziowego lub żelazowego, któreśmy otrzymali, dobywając wodór z wody (str. 77). Tlenek miedziowy ma postać proszku czarnego; tworzy się on łatwo gdy miedź ogrzewać przez czas dłuższy na powietrzu. Proszek ten wsypujemy do takiej samej rurki, jak poprzednio (rys. 41), przepuszczamy wodór i ogrzewamy. Bardzo dobrze widzimy, jak stopniowo czarny proszek tlenku przemienia się na czerwoną miedź metaliczną, a na końcu rurki osiadają kropelki wody. Po zupełnem odtlenieniu proszku gasimy



lampkę i wodór przepuszczamy dalej aż do zupełnego ostygnięcia rurki. Wtedy dopiero wysypujemy miedź do moździerzyka i rozcieramy ją, żeby nabrała połysku metalicznego.

W ten sam sposób możemy odtlenić żółty proszek tlenku ołowiowego, otrzymując w rurce stopione w gorącu kulki błyszczące ołowiu. Wylewamy je poprostu z rurki na papier.

Łatwo też odtlenia się czerwony tlenek żelazowy, otrzymany przez spalanie żelaza na powietrzu lub w czystym tlenie. Tworzy się przytem czarny proszek żelaza metalicznego, który dopiero po roztarciu nabiera połysku metalicznego.

Wszystkie te doświadczenia wskazują, że wodór, łącząc się z tlenem, tworzy wodę i że wodór, dążąc do połączenia się z tlenem, może go nawet odbierać innym związkom.

38. Zapaliwszy wodór u wylotu rurki szklanej, jak na rys. 39 dostrzegamy, że płomień z początku jest blado-niebieski, lecz stopniowo staje się coraz jaśniejszy i barwi się żółto. Przyjrzawszy się uważnie, spostrzeżemy, że rurka na końcu zaczyna się topić, t. j. szkło zwolna mięknie. Otóż płomień wodoru jest blado-niebieskawy, żółto zaś barwi się dopiero wtedy, gdy szkło rurki zaczyna się rozgrzewać. W szkłe obecny jest znany nam już pierwiastek sód i on to właśnie paruje częściowo ze szkła skutkiem rozgrzania, i para jego barwi płomień żółto.

To żółte zabarwienie płomienia jest reakcją, po której sód może być rozpoznany i wykryty. Wprowadźcie np. na druciku platynowym w płomień spirytusowy lub gazowy odrobinę soli kuchennej: natychmiast zjawi się żółte zabarwienie. Płomień bardzo często miewa barwę żółtą dlatego, że odrobina związków sodowych znajduje się wszędzie, nawet w kurzu powietrza.

Lecz nie tylko sód barwi płomień. Inne pierwiastki również barwią go często na różne barwy, po których można je rozpoznać. Np. potas barwi fioletowo, miedź metaliczna czerwono, lit—karminowo, stront—purpurowo, bar—zielonkawo, wapń — pomarańczowo i t. d.

Płomień wodoru niezabarwiony od sodu otrzymać można, stosując jako palnik rurkę szklaną z wylotem platynowym. Platyna jest to metal bardzo trudno topliwy. Jeżeli drucik platynowy wprowadzimy w płomień wodoru, to metal rozżarza się i mocno świeci. Dowodzi to, że płomień ten jest bardzo

gorący, gdyż ciała rozżarzone tem mocniej świecą, im silniej są rozgrzane. Z ciałami gazowymi rzecz ma się inaczej; para wodna rozżarzona świeci słabo. Dlatego i płomień wodoru jest prawie bezbarwny, lecz równocześnie może on wprowadzone weń ciało rozżarzyć do silnego blasku. Lecz tylko takie ciała rozżarzają się i świecą, które się nie topią i nie przemieniają się przytem w parę. Wprowadźmy w płomień wodoru kawałek zepsutej koszulki żarowej od lampki gazowej, a zobaczymy, że zaczyna mocno świecić.

Stwierdziliśmy więc, że podczas palenia się wodoru tworzy się woda i wydziela się znaczna ilość ciepła, czyli energii cieplnej, która, jak już wiemy, może być przemieniona na pracę. Że wodór płonąc może wykonać pracę, przekonaliśmy się już z właściwości mieszaniny piorunującej, która, wybuchając może rozbić butelkę. Wybuch wielkiej ilości gazu może poczynić znaczne spustoszenia. Wprawdzie praca ta będzie bezużyteczna, ale to istoty rzeczy nie zmienia. Zresztą obecnie znane są powszechnie motory gazowe, w których praca powstająca podczas wybuchu gazów zużytkowana jest do poruszania motoru.

Ciepło spalającego się wodoru można jeszcze zwiększyć sztucznie. Wiecie już, że podczas spalania się ciał w tlenie czystym wydziela się większa ilość ciepła, niż podczas spalania się ich w powietrzu (str. 45). Gdyby i nasza lampka spirytusowa płonęła w tlenie czystym, dawałaby ona znacznie więcej ciepła. To samo będzie, jeśli wodór palić się będzie w tlenie czystym.

Chcąc się o tem przekonać, musimy najpierw przygotować sobie pewien zapas tlenu. Do przechowywania gazów najdogodniejszymi są naczynia, zwane **gazomierzami**. Najprostszy gazomierz zrobić można z dwóch dużych butli szklanych. Na rys. 42 widzimy dwie takie butelki z szczelnie dopasowanymi korkami i osadzonemi w nich rurkami szklanemi, połączonemi z sobą rurką gumową. Nie opisujemy dokładnie całego urządzenia, bo ono jest dobrze widoczne na rysunku.

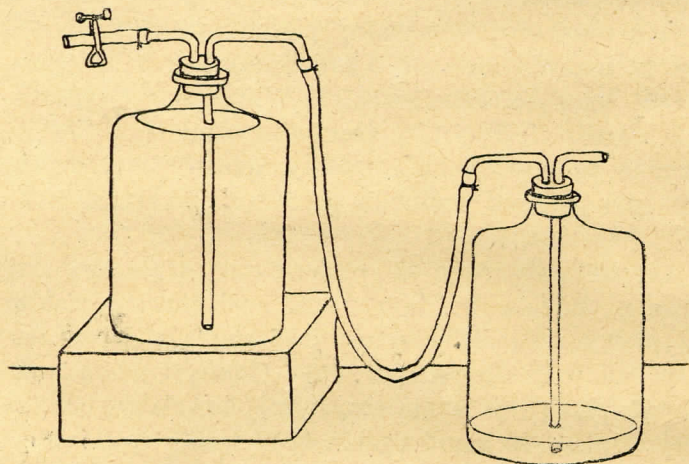
Do jednej butli nalewamy pełno wody i, umieściwszy ją nieco wyżej, krótszą jej rurkę łączymy z przyrządem wytwarzającym tlen. Gdy tlen zacznie się wydzielać, będzie on wchodził do butli górnej, woda zaś przepływać będzie przez rurkę gumową do butli dolnej. Po napełnieniu butli tlenem



usuwamy przyrząd wytwarzający tlen i na zgiętą kolankowatą rurkę szklaną gazomierza nasuwamy rurkę gumową ze ściskaczem metalowym, zamykającym otwór.

Teraz z gazomierza takiego możemy na każde żądanie wypuszczać tlen. W tym celu butlę z wodą umieszczamy nieco wyżej. Gdy otworzymy ściskacz u wylotu rurki, ciśnienie wody wypycha tlen z butli i miejsce jego zajmuje woda. Im wyżej umieścimy butlę z wodą, tem większe będzie ciśnienie wody i tem szybciej tlen będzie uchodził.

Obecnie możemy wykonać doświadczenia ze zwiększeniem ciepła płonącej lampki lub płomienia wodoru. W tym celu łączymy gazomierz zapomocą dłuższej rurki gumowej



Rys. 42.

z rurką szklaną, zakończoną końcem platynowym, albo też zamiast rurki szklanej używamy wąskiej rurki porcelanowej lub glinianej (np. kawałek cybucha ze starej fajki); szkło bowiem stopi się łatwo w płomieniu. Następnie puszcza my strumień tlenu z gazomierza i wsuwamy koniec rurki w bok płomienia lampki spirytusowej. Tlen, dmuchając na płomień, odchyła go w bok, a równocześnie płomień staje się niezwykle gorącym. Szkło topi się w nim natychmiast. Drucik platynowy nie tylko rozżarza się do białości, lecz nawet zaczyna się topić i zlewa się na końcu w małą kuleczkę. Płomień świeci teraz światłem oślepiającym.

Chociaż wykonywamy doświadczenie z płomieniem spirytusowym, lecz i tutaj płonie przeważnie wodor. Potrzymamy nad płomieniem lampki suchą, zimną szklaną, a zobaczymy, że pokryje się rosą. Woda, która się tu tworzy, powstaje przecież ze spalającego się wodoru. Spirytus zawiera w sobie dużo wodoru.

Chcąc wykonać doświadczenie z płomieniem wodoru czystego, przyrządzamy wodor w sposób już opisany (str. 78) i zapalamy go, zachowując niezbędne ostrożności, aby nie spowodować wybuchu. Następnie wpuszczamy w płomień strumień tlenu. Wtedy płomień się zmniejsza i zaostrza na końcu. Ponieważ szkło topi się w tym płomieniu momentalnie, przeto rurka palnika powinna być platynowa, albo też porcelanowa lub glinianą. Drucik platynowy topi się w tym płomieniu znacznie prędzej niż poprzednio. Drut żelazny lub sprężyna stalowa od zegarka najpierw rozżarza się do białości a potem spala się, rzucając iskry, jak w tlenie. Zaostrzony kawałek kredy rozżarza się w płomieniu i wydaje blask zbliżony do słonecznego.

Wszystko to dowodzi, że płomień wodorowo-tlenowy, czyli poprostu płomień gazu piorunującego jest niezwykle gorący. Temperatura jego dosięga prawie 2000° C. Jest to temperatura, w której topi się większość metali.

Płomień gazu piorunującego został wyzyskany do celów praktycznych. Stosując odpowiednie urządzenia, używają go do spawania części żelaznych kotłów i maszyn, do robienia otworów w płytach i blokach metalowych, do przecinania grubych płyt stalowych i t. d.

**Pytania.** Wytłomaczyć otrzymanie wodoru z wody pod działaniem metalu sodu. Dlaczego sól do tego celu się nadaje? Czy możnaby rozłożyć wedę również zapomocą innego metalu? Dlaczego jest niedogodnie otrzymywać wodor z wody? Jakie związki lepiej do tego celu się nadają? Opisać działanie cynku na kwasy. Jakie własności ma wodor? Jak ostrożności muszą być zachowane podczas zapalania wodoru? Objasnić wybuch mieszaniny piorunującej. Co się tworzy podczas palenia się wodoru? Objasnić działanie wodoru na związki tlenowe (tlenek rtęciowy) przy ogrzewaniu. W jaki sposób wpływają na barwę płomienia rozmaite ciała? Jakie szczególne własności ma płomień wodoru i płomień mieszaniny piorunującej, oraz znaczenie praktyczne tego. Opisać budowę i działanie gazomierza?



## XVIII. W o d a

39. Wszystkie wody, istniejące w przyrodzie, powstały przez spalanie się wodoru w tlenie. Musiały to być olbrzymie ilości tych gazów, skoro tak dużo wody mamy na ziemi! Prawie  $\frac{1}{4}$  powierzchni globu ziemskiego pokrywa woda, a prócz tego znajduje się też ona wewnątrz skorupy ziemskiej oraz w powietrzu. Można jednak śmiało powiedzieć, iż wody zupełnie czyste, jako związku chemicznego, niema w przyrodzie wcale. Dzieje się to dlatego, że woda rozpuszcza w sobie bardzo łatwo rozmaite ciała, z którymi w przyrodzie się styka, przytem jedne w ilości niezmiernie małej, inne zaś obficie. Np. woda morska zawiera w sobie sól kuchenną i kilka innych soli, co poznajemy łatwo po jej smaku gorzkawo-słonym. Chociaż woda studzienna i rzeczna nie ma prawie żadnego smaku (dla odróżnienia od słonej wody morskiej smak tej wody nazywamy słodkim), to jednak również zawiera rozpuszczone sole i różne związki chemiczne. Najlepszym dowodem tego jest rozmaity smak wód z różnych studni.

Ale i woda zupełnie czysta również nie ma dobrego smaku choć nie zawiera obcych domieszek. Spróbujcie np. trochę wody destylowanej, albo czystej deszczówki, która podobna jest do wody destylowanej; nie są one wcale przyjemne w smaku.

Wodę, zawierającą nawet obfitą ilość ciał rozpuszczonych, można oczyścić. Osiągamy to zapomocą destylacji, polegającej na przemianie wody w parę i ponownem skropleniu tejże. Proces taki odbywa się stale w przyrodzie: woda paruje z oceanów, mórz i rzek, zbiera się nad ziemią w postaci obłoków i opada zpowrotem na ziemię w postaci deszczu, gradu i śniegu. Proces ten nazywamy krążeniem wody w przyrodzie.

Destylacja oczyszcza wodę, ponieważ domieszki zwykle nie przechodzą do pary, gdyż są **nieletne**. Weźmy np. trochę wody zwykłej i nalejmy do niej atramentu; tak zanieczyszczoną wodę łatwo możemy przedestylować, a otrzymamy zpowrotem wodę bezbarwną i czystą.

Najprostszy sposób destylacji polega na tem, że wodę zanieczyszczoną nalewamy do kolbki, zatykamy otwór korkiem z osadzoną w nim rurką długą, zgiętą kolankowato

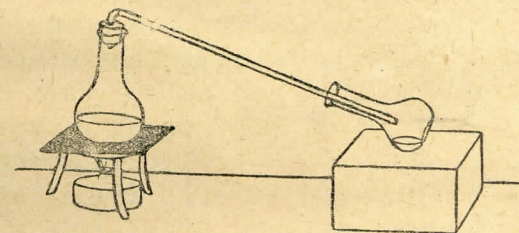
i ogrzewamy do wrzenia (rys. 43). Dolny koniec rurki umieszczony w innej kolbie czystej, służy do zbierania wody przedestylowanej. Narazie zbiera się w kolbie trochę wody, ale wkrótce para przestaje się w niej skraplać i uchodzi przez otwór. Domyślcie się, że aby się para skraplała, trzeba ją oziębiać. A więc destylacja wymaga również **chłodnicy**. Najprostszą chłodnicę otrzymamy, umieszczając kolbkę w naczyniu z wodą zimną, ale i ta wkrótce się rozgrzeje. Chcąc destylować dalej, musimy wodę zmieniać lub dolewać stale wody zimnej.

Chłodnica udoskonalona, sprawnie i oszczędnie oziębiającą parę, wyobrażona jest na rys. 44. Nie sztuka jest oziębiać parę, lejąc bez

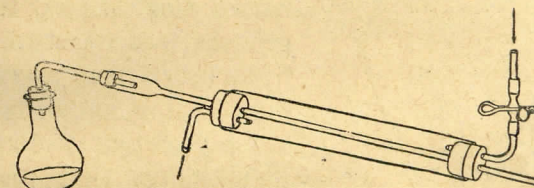
miary zimną wodę. Trzeba pamiętać o tem, że zimnej wody również nie dostajemy darmo, bo trzeba dla niej budować studnie i tracić czas i pracę na jej pompowanie. Otóż chłodnica powyższa urządzona jest bardzo prosto, a jednak pozwala oszczędzić zarówno pracy, jak i wody.

Składa się ona z rurki wewnętrznej, do której wstępuje para i rury szerokiej zewnętrznej ze szkła lub blachy, w której znajduje się woda chłodząca. Na obu końcach rury znajdują się korki, w których osadzona jest rurka do pary i zgięte kolankowato rurki: doprowadzająca wodę zimną i odprowadzająca wodę ogrzaną. Wodę zimną wpuszcza się przez rurkę umieszczoną w części dolnej chłodnicy i reguluje jej dopływ zapomocą nałożonego na rurkę ściskacza metalowego. Woda ogrzana wypływa przez rurkę górną. Pomyślcie nad tem, dlaczego to urządzone jest w taki sposób?

40. Do doświadczeń chemicznych używa się najczęściej



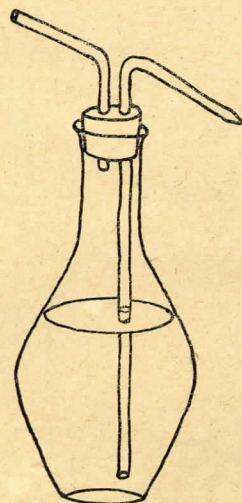
Rys. 43.



Rys. 44.



wody destylowanej, żeby nie zanieczyszczać roztworów domieszkami, obecnymi w wodzie zwykłej. Z tego względu trzeba zawsze mieć pod ręką naczynie z wodą destylowaną. Chemicy używają zwykle tak zwanej **płuczki**. Jest to kolba szklana z szczelnie dopasowanym korkiem, w którym zrobione są dwa otwory. Przez jeden przechodzi rurka szklana zgięta pod kątem ostrym i na końcu krótszym zwężona (wyciągnięta), drugim zaś końcem sięgająca prawie dna kolby. W otworze drugim osadzona jest rurka krótsza, zgięta pod kątem rozwartym. Brzegi rurek otopione są w ogniu (rys. 45).



Rys. 45.

Z płuczki takiej wypuszczać można strumień wody cienki, który łatwo skierować wszędzie, gdzie chcemy. Trzeba wtedy ująć płuczkę ręką i dmuchać ustami przez rurkę krótszą, woda płynie strumieniem przez rurkę długą. Jeśli chcemy wylać od razu więcej wody, przechylamy płuczkę i wtedy woda wylewa się przez rurkę krótszą.

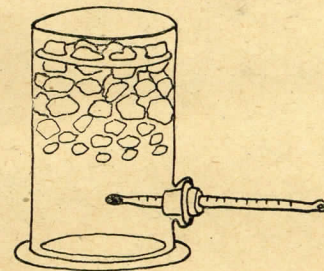
Widzicie, że woda w płuczce jest bezbarwna. Jeżeli jednak patrzeć na bardzo grubą warstwę wody, to występuje barwa niebieskawa, tem wyraźniejsza, im grubsza jest warstwa. W rzekach woda bywa zabarwiona przez unoszące się w niej męty, natomiast woda morska bywa zwykle czystsza i dlatego już wydaje się niebieskawą. Ciała rozpuszczone w wodzie morskiej są bezbarwne i na barwę wody nie wpływają.

Przypomnijcie sobie teraz, iż w rozdziale o gęstości ciał mówiliśmy, że gęstość wszystkich ciał porównywana jest z gęstością wody. Gęstość wody przyjęta została za jednostkę. Rozumie się, iż była wtedy mowa o wodzie czystej. Gęstość tę równą 1 ma woda w 4°C; we wszystkich innych temperaturach gęstość wody jest mniejsza. Podczas gdy wszystkie inne ciała od ogrzania się rozszerzają, woda przy ogrzewaniu od 0° do 4°C kurczy się, i dopiero powyżej 4°C znów zaczyna się rozszerzać.

Możemy to stwierdzić doświadczalnie. Bierzymy słoje szklane z otworem u dołu, albo też wiercimy otwór w małym

wiaderku drewnianem i zapomocą korka przewierconego umieszczamy w otworze termometr. Potem napełniamy naczynie wodą z lodem i pozostawiamy w spokoju (rys. 46). Po pewnym czasie termometr dolny będzie wskazywał 4°C, podczas gdy termometr inny, zanurzony zgóry nieco pod poziom cieczy wskaże 0°. Zależy to od tego, że woda o 4°C jest najgęstsza i zbiera się na spodzie, jako cięższa. Okoliczność ta ma niezmiernie doniosłe znaczenie w życiu przyrody. W zbiornikach wód stojących, np. w jeziorach, woda, oziębiając się w zimie, opada z wolna na spód, dopóki wszystka jej masa nie oziębi się do 4°C. Od dalszego oziębienia woda już nie opada, lecz pozostaje na wierzchu aż zamrznie, a pod spodem zachowuje temperaturę 4°C.

Gdyby było inaczej, t. j. gdyby woda kurczyła się od oziębienia, lód opadałby na dno; zbiorniki wody zamrzłyby całkowicie w całej swej warstwie. Stworzenia, żyjące w wodzie, wyginęłyby, a ciepło wiosny i lata nie starczyłoby na roztopienie tych brył lodu. Ponieważ woda poniżej 4°C rozszerza się, więc lód jest lżejszy i pływa po wodzie. Zdarza się jednak, iż w rzekach wartko płynących, w których woda dobrze się miesza, może ona w całej masie oziębić się do 0° i wtedy tworzy się tak zwany **lód denny**, który skupiając się na dnie w większych ilościach, wypływa wreszcie na powierzchnię.



Rys. 46.

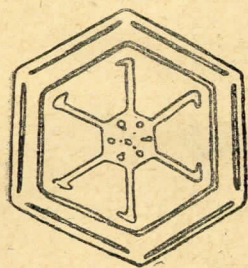
Lód jest ciałem krystalicznym. Zadajcie sobie trudu i przy najbliższej okazji obserwujcie wodę zamarzającą w dość szerokim naczyniu, albo nawet w kałużach płaskich. Zauważycie, że na powierzchni powstają długie ostre igły lodowe; są to kryształki lodu. Na szybach okien w zimie tworzą się piękne desenie i paprociowate wzory dziwaczne; są to również kryształki lodu, lecz zbyt ciasno skupione obok siebie i dlatego wykształcone nieprawidłowo. Wiecie już, że kryształ do prawidłowego wykształcenia swych płaszczyzn potrzebuje przestrzeni wolnej. Dobrze wykształconymi kryształami lodu są śnieżynki, gdyż powstają one w przestrzeni powietrznej przez zamarzanie kropelek wody. Zauważono bardzo dużo



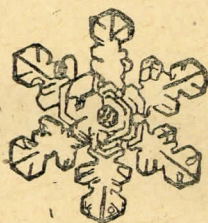
różnych odmian śnieżynek, zadziwiających piękną kształtów i subtelnością budowy, ale okazało się, że wszystkie one mają jedną cechę wspólną, mianowicie sześciokątną lub sześciopromienną budowę. Są to bądź płytki, bądź gwiazdki sześciopromienne (rys. 47, 48, 49).

Również i szron, osadzający się w mroźne poranki i dni na różnych przedmiotach oraz gałązkach drzew przez zamarzanie pary wodnej, składa się z kryształków lodu. Rozpatrywanie śnieżynek i kryształków szronu przez szkła powiększające jest zajęciem bardzo przyjemnym i pouczającym, ale wcale nie łatwym, bo delikatne kryształki topią się łatwo od ciepła rąk i twarzy. Zdołano je wszakże zbadać i odfotografować.

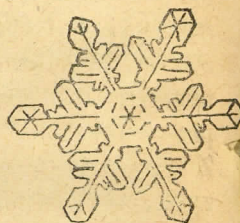
Podobnie jak i woda, lód w małych kawałkach jest przezroczysty i bezbarwny. Śnieg jest coprawda biały, ale tylko



Rys. 47.



Rys. 48.



Rys. 49.

dlatego, że jest bardzo drobny. Wielkie bryły lodu zdradzają barwę blado-niebieską. Barwa ta doskonale jest widoczna w szczelinach, tworzących się przez pęknięcie lodowców górskich. Wysokie góry pokryte są wciąż śniegiem, który pada tam stale; skutkiem częściowego tajania i ciężaru swego masy śniegowe zlewają się i tworzą jednolitą warstwę lodu. W ten sposób powstają **lodowce górskie**, które zwolna spuszcza się — spływają w doliny, krusząc i miażdżąc skały i kamienie; spłynąwszy dość nisko, lodowce topnieją od ciepła. Stale też w niższych miejscach wypływa z pod nich woda zimna i krynicznie czysta. Woda lodowcowa jest prawie zupełnie czysta, gdyż nie zawiera wcale rozpuszczonych w sobie ciał. Choćby nawet woda zawierała rozpuszczone w sobie substancje, to podczas zamarzania pozostają one w wodzie niezamarzniętej, tworzący się zaś lód jest od nich wolny.

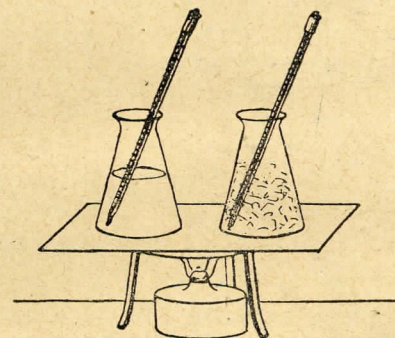
41. Zbadajmy teraz bliżej topnienie lodu. Na kawałku bibuły azbestowej lub grubej blachy żelaznej, umieszczonym na trójnogu, ustawiamy symetrycznie dwie kolbki; w jednej znajduje się lód potłuczony, w drugiej zaś woda oziębiona do 0° (złana z nad lodu). Pod spodem umieszczamy lampkę tak, żeby możliwie równomiernie ogrzewała obie kolbki (rys. 50). W obu kolbkach znajdują się termometry.

Lód topi się zwolna, a więc pochłania pewną ilość ciepła, jednakże się nie ogrzewa; termometr wciąż wskazuje 0°. Woda w drugiej kolbce już ogrzała się do 20°, a w lodzie nadal panuje temperatura 0° i panować będzie dopóty, aż stop się wszystkich lód. Lód pochłoniął tyle ciepła, ile go było potrzeba, aby wodę ogrzać do 20°. Ciepło pochłonięte zostało zużyte na roztopienie lodu. A więc podczas topnienia lodu zużywa się ciepło. A ponieważ ciepło jest odmianą energii czyli pracy, przeto żeby lód roztopić potrzeba zużyć pracę.

Podczas topnienia lodu termometr wciąż wskazuje 0°, mimo że ciepło wciąż zostaje zużyte. Pozornie więc ciepła tego nie dostrzegamy wcale przy pomocy termometru. Z tego powodu dawniej nazywano to ciepło **utajonem** i nazwa ta pozostała do chwili obecnej, choć obecnie rozumiemy ją należycie i częściej zastępujemy nazwą **ciepła topnienia lodu**.

Ilość ciepła potrzebna do ogrzania 1 grama wody o 1 stopień nazywamy **kalorją**. Ażeby ogrzać 1 g wody do 80 stopni potrzeba 80 kaloryj, do ogrzania zaś 200 g wody do 30° potrzeba  $200 \times 30 = 6000$  kal. Widzimy z tego, że ilość ciepła mierzy się iloczynem ze zmian temperatury (w stopniach Celsjusza) przez wagę wody (w gramach).

Kiedy woda stygnie zachodzi to samo, lecz w kierunku odwrotnym: **ciepło wydziela się** w ilości (kaloryj) równej iloczynowi z obniżenia temperatury przez ilość wody. Podczas stygnięcia 200 g wody o temperaturze 30° do 0° wydziela się  $200 \times 30 = 6000$  kaloryj.



Rys. 50.



Przypuśćmy, iż w doświadczeniu naszym, gdy stopił się wszystek lód woda w drugiej kolbie ogrzała się do  $80^{\circ}$ . Ta sama ilość ciepła, która ogrzała wodę do  $80^{\circ}$ , roztopiła taką ilość wagową lodu, ile ważyła woda. A więc każdy gram wody pochłonął 80 kaloryj i każdy gram lodu tyleż. Wynika stąd, że na roztopienie każdego grama lodu na wodę, mającą temperaturę  $0^{\circ}$ , potrzeba 80 kaloryj. Te 80 kaloryj jest to praca topnienia czyli ciepło topnienia lodu, nazwane poprzednio ciepłem utajonem topnienia lodu.

Pytania. Opisać proces krążenia wody w przyrodzie. Jakim zmianom woda podczas niej ulega? Opisać przyrząd do destylacji wody oraz wytłomaczyć jego działanie. Objasnić zachowanie się wody podczas oziębiania i ogrzewania. Co to jest gęstość wody i od czego ona zależy? Dlaczego wody nie zamarzają zimą w całej masie i jakie to ma znaczenie w życiu przyrody? Wytłomaczyć tworzenie się lodu dennego. Co to jest ciepło topnienia lodu? W czym wyrażamy ilość ciepła? Ile ciepła potrzeba do ogrzania 120 g wody o temp.  $25^{\circ}$  do  $50^{\circ}\text{C}$ . Co się dzieje z ciepłem, kiedy woda ogrzana stygnie? Czy to ciepło można do czego zużytkować? Czemu równa się ciepło topnienia lodu? Jaką temperaturę mieć będzie mieszanina 100 g wody o temp.  $10^{\circ}$  ze 100 g wody o temp.  $50^{\circ}\text{C}$ ? Ile ciepła wydzieli się podczas stygnięcia 150 g wody o temp.  $45^{\circ}$  do  $0^{\circ}$ ?

## XIX. Azot

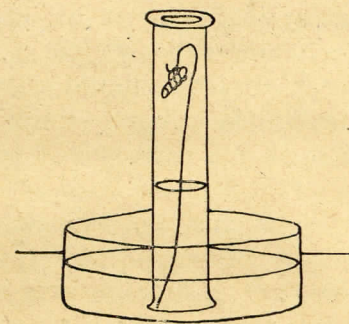
42. Badając zjawiska palenia się poznaliśmy, że powietrze jest mieszaniną tlenu i gazu nie podtrzymującego palenia, zwanego **azotem**. Widzieliśmy, że gaz ten, z pozoru podobny do powietrza, tem różni się od niego, że palenia nie podtrzymuje. Sam on również nie pali się, czem znów różni się od innego pierwiastka gazowego, mianowicie wodoru. Już to dowodzi, że azot nie łączy się ani z tlenem ani z innymi ciałami podczas palenia się ich w powietrzu. Jest to pierwiastek, który niechętnie tworzy związki z pierwiastkami innymi, a jeśli nawet połączy się z niemi, to przy nadarżającej się sposobności odłącza się i uchodzi w stanie wolnym.

Tem tłomaczmy obecność tak znacznej ilości azotu w powietrzu, gdyż jako gaz niema się on gdzie podziąć. W dodatku jeszcze ani rośliny ani zwierzęta i ludzie, mimo że do odżywiania się potrzebują azotu, nie mogą go sobie przyswajać z powietrza, lecz wyłącznie tylko z pokarmów. Jednakże obecność tego gazu w powietrzu okazuje się bardzo

szczęśliwą dla stosunków, panujących na ziemi. Pomyśleć tylko, co by się działo, gdyby powietrze składało się tylko z tlenu! Azot jest więc w powietrzu gazem rozrzedzającym tlen, przytem jest gazem obojętnym, nie łączącym się z niczem.

Jakichże własności azotu domyślamy się z własności powietrza? Otóż nie ma on barwy, zapachu i smaku, w wodzie jest cokolwiek rozpuszczalny. Chcąc poznać azot czysty, należy go otrzymać z powietrza, usuwając tlen. Można by tego dokonać różnemi sposobami, nap. przepuszczając powietrze przez rurę z rozżarzonem żelazem lub miedzią (porównaj ust. 35). Najlepiej jednak zastosować **fosfor**. Z doświadczeń poprzednich wiecie już, że pierwiastek ten niezmiernie łatwo łączy się z tlenem już w temperaturze zwykłej. Pochłania on tlen z powietrza całkowicie.

Kawałek fosforu okręcamy drucikiem i zaczepiany na długim grubym drucie. Należy to robić bardzo ostrożnie, najlepiej w misce pod wodą, trzymając fosfor w szczypcach, gdyż na powietrzu od ciepła rąk łatwo się on zapala, a wtedy ugasić go bardzo trudno. Przytem można się boleśnie poparzyć, co powoduje rany trudno się gojące. Druk z fosforem umieszczamy w cylindrze, który ustawiamy w misce z wodą dnem do góry (rys. 52). W cylindrze znajduje się więc powietrze i fosfor. Śledząc przyrząd, widzimy, że fosfor wydziela białe obłoczki, opadając na dół: są to wytwory utlenienia fosforu; fosfor bowiem łączy się z tlenem, a tlenek fosforowy w postaci białych obłoczków opada na dół i zanurza się w wodzie. W ten sposób tlen zwolna ubywa z powietrza, a zamiast niego do cylinderek wstępuje woda. Gdy już obłoczki przestaną się ukazywać (na co potrzeba około paru godzin), będzie to dowodem, że już wszystek tlen został z powietrza pochłonięty przez fosfor. Wtedy będziemy mogli przekonać się, że woda napełniła piątą część cylinderek, t. j. że ubyla piątą część powietrza.



Rys. 52.

Zatkajmy pod wodą cylinderek dłonią, obróćmy go szyb-



ko i postawmy na stole, przykrywając otwór. Zapomocą świecy lub drewnianka płonącego przekonamy się, że gaz znajdujący się w cylinderku, nie jest powietrzem. Pogrążone w cylinderku ciała płonące natychmiast gasną.

Jeżeliby pozostawić cylinderek otwarty, to po pewnym czasie azot ulotni się, gdyż jest to gaz cokolwiek lżejszy od powietrza. Tlen, jak już wiemy jest cięższy od powietrza, a że powietrze zawiera na 1 objętość tlenu 4 objętości azotu, przeto azot czysty musi być nieco lżejszy od powietrza.

Ponieważ azot niechętnie łączy się z innymi ciałami, więc też nie możemy wykonywać z nim tych różnych doświadczeń, jak np. z tlenem lub wodorem. Nie sądźcie jednak, że pierwiastek ten wogóle nie łączy się z innymi pierwiastkami. Przeciwnie, istnieje ogromna ilość związków naturalnych i sztucznych, zawierających azot jako jeden ze składników najważniejszych. Jest on składnikiem mięsa i białka jaj, a więc znajduje się w ciele zwierząt, wchodzi w skład prochu, barwników sztucznych i wielu innych ciał znanych, ważnych dla przemysłu i życia powszedniego.

43. W jakiż więc sposób azot wytwarza te przeróżne związki z innymi pierwiastkami? W ciele istot żywych związki azotowe tworzą się pod wpływem energii, czerpanej z pokarmów, wraz z którymi przyswajany bywa również i azot. Pokarmy zawierają azot w postaci związków, azotu zaś z powietrza, czyli azotu wolnego, istoty żywe przyswajają sobie nie mogą. Wyjątek stanowią tylko pewne rośliny, mianowicie strączkowe (np. łubin, groch); dzięki osiedlającym się na korzeniach ich bakterjom pochłaniają one azot z powietrza, przeprowadzają do korzeni i tam przemieniają na związki.

Wytwarzanie związków azotowych, jak widzimy, wymaga zawsze znacznego nakładu pracy, czyli zużycia energii. Tembardziej azot wolny niechętnie łączy się z innymi pierwiastkami. Gdy np. tlen z wodorem łączą się łatwo, wydzielając dużo ciepła (a więc pracy), to przeciwnie, chcąc połączyć z wodorem azot, trzeba dużo pracy stracić. Azot łączy się z wodorem dopiero w gorącu lampy elektrycznej łukowej, w której żarzą się do białości dwa pręty węglowe, a więc w temperaturze przeszło 2000°C. Ileż tu ciepła trzeba stracić na to połączenie! W podobnych warunkach azot łączy się

też z tlenem, tworząc tlenki azotowe. Nieznaczne ilości takich tlenków tworzą się w powietrzu podczas burzy; gdy powietrze przeszywają iskry elektryczne (błyskawice i pioruny), to w gorącu ich azot spala się w tlenie. Obecnie budowane są fabryki, spalające azot zapomocą elektryczności, a z otrzymanych tlenków wyrabia się kwas azotowy.

Widzimy tedy, że otrzymywanie związków azotowych wymaga znacznego nakładu pracy, a więc jest kosztowne. Dlatego też zwraca się baczna uwagę na te wszelkie źródła, które mogą tanio związków tych dostarczać. Najpierwszem takim źródłem są wydzieliny zwierząt i wszelkie odpadki ciała zwierzęcego. Zawierają one dość dużo azotu w postaci różnych związków i dlatego stosuje się je w rolnictwie do użyzniania gleby. Azot z nawozu wraca do ziemi, a stąd znów przyswajany jest przez rośliny, a dalej przez zwierzęta. Widzimy więc, jak cennym jest ten cuchnący i pozornie obrzydliwy nawóz zwierzęcy.

Ten przykry, a często i wstrętny zapach, jaki wydają gnijące resztki zwierzęce, zależy właśnie od obecności azotu. Chociaż azot wolny nie ma żadnego zapachu, to jednak wiele związków jego ma woń przykrą i wstrętną, po której od razu można je poznać. Przy gniciu ciał azotowych zwykle wydziela się amonjak, którego zapach znacie zapewne. Zapach ten odczuwamy w oborach i stajniach, gdzie gniją wydzieliny zwierząt.

Ciała, zawierające azot, rozpoznać można również podczas spalania. Wydzielają one wtedy niezmiernie swoisty i silny zapach spalonych piór. Taki zapach odczuwamy np. spalając włosy i sierść zwierząt, skórę, rogi, paznogie, mięso, ser, mleko. Wszystkie te ciała zawierają azot. Jeśli natomiast spalać ciała, nie zawierające azotu, to uwydatnia się również zapach spalenizny, ale nie czujemy zapachu spalonych piór. Do ciał nie zawierających azotu należą tłuszcze, nafta, cukier, drzewo, bawełna i inne.

Dzięki własnościom powyższym łatwo możemy odróżnić włókna i tkaniny wełniane i jedwabne od bawełnianych, lnianych i konopnych. Wełna i jedwab zawierają azot, a po zapaleniu smażą się, wydzielając zapach spalonych piór. Włókna bawełniane i roślinne płoną łatwo i zapachu tego nie wydzielają.

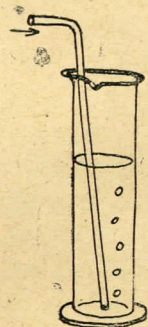


Niektóre ważniejsze związki azotu poznamy jeszcze później, obecnie zaś zajmiemy się bliżej własnościami gazów, wszystkie bowiem pierwiastki, które dotychczas poznaliśmy — tlen, wodór, azot — są gazami. Pozatem mieliśmy już wielokrotnie do czynienia z powietrzem. Przejdziemy tedy do omówienia powietrza, które da nam możliwość poznania nie tylko dalszych własności azotu, jako jego składnika głównego, lecz wogóle pozwoli nam najdogodniej poznać ogólne własności gazów.

**Pytania.** Co można o azocie powiedzieć z własności powietrza? Jak otrzymać azot? Ile azotu zawiera powietrze i czym się to tłumaczy? Gdzie prócz tego znajduje się azot? Jakim sposobem azot dostaje się do ciała zwierząt i roślin? Czego wymaga tworzenie się związków azotowych? Które związki są tańsze — tlenowe, czy azotowe i dlaczego? Z jakich źródeł można czerpać związki azotowe? Jak poznajemy związki azotowe? Jak odróżnić bawełnę od wełny i jedwabiu? Co to jest amonjak i gdzie się on tworzy?

## XX. Powietrze

44. Mimo, że żyjemy w powietrzu, t. j. wciąż otoczeni jesteśmy gazem, to jednak gazy poznano najpóźniej ze wszystkich ciał, najdłużej pozostawały one nieuchwytnie. Stało się to właśnie dlatego, że, żyjąc w samym powietrzu, nie widzimy go, jak ryby nie widzą wody, w której pływają. Powtórę doświadczenia z gazami, jako z ciałami niewidzialnymi, były trudniejsze do wykonania i bardziej złożone. Nic też dziwnego, że o ciałach niewidzialnych nie wiele wiadano, a nawet nie domyślano się ich obecności. Tembardziej trudnem wydaje się odróżnianie różnych gazów, bo chociaż nawet wiadomo będzie, jaki gaz mamy w naczyniu, to jednak z pozoru nie różni się on niczem od gazów innych lub powietrza.



Rys. 53.

Że powietrze istnieje, choć go nie widzimy, wnioskujemy z ruchów jego, t. j. wiatrów, które mogą wykonywać znaczną pracę (wiatraki). Najłatwiej dostrzegamy powietrze, wdmuchując go rurką do wody w naczyniu (rys. 53); widzimy wznoszące się do góry bańki powietrza. Woda i powietrze są przezroczyste, ale bańki powietrza wydają się nam jaśniejsze, bo inaczej niż woda zała-

mują promienie świetlne. Pogrążając w wodę szklankę obróconą otworem na dół dostrzegamy, że tylko trochę wody wchodzi do szklanki, resztę zaś przestrzeni zajmuje powietrze.

Z tego, co już o własnościach gazów mówiliśmy na początku (str. 24) wiemy, że cząsteczki gazu wypełniają równomiernie przestrzeń, w której gaz się znajduje. Dzięki tej własności można gaz z naczynia wypompować zapomocą pompy. W ten sposób pokazać można, że powietrze i gazy posiadają ciężar.

Zwykle używa się do tego celu balonika szklanego, zaopatrzonego w otwór z kranem. Najpierw wypompowuje się z balonika powietrze, a potem go się waży. Gdy następnie otworzyć kran i wpuścić do balonika zpowrotem powietrze, to po ponownem zważeniu balonik okaże się cięższy.

A więc powietrze, jak wszystkie ciała, posiada ciężar i wywierać musi ciśnienie na podstawę. Jeśli weźmiemy pod uwagę całą masę powietrza, otaczającego ziemię, czyli całą atmosferę, to musimy wnioskować, że ciężar jego powinien cisnąć z pewną siłą na powierzchnię ziemi. Ze sprawą tą musimy się poznać nieco bliżej.

W tym celu weźmiemy dwie rurki szklane, z których jedna zamyka się u góry zapomocą kurka, prócz tego znajdują się na niej podziałki centymetrowe. Dolny jej koniec połączony jest zapomocą gumy z drugą rurką otwartą (rys. 54). Rys. 54



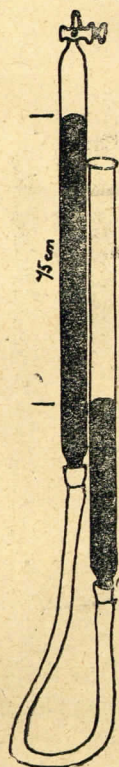
Otwieramy kurek i przez rurkę otwartą nalewamy rtęci tyle, żeby cała rurka gumowa i obie szklane były nią napełnione do połowy. Umocowawszy rurki w położeniu pionowem przekonamy się, że rtęć stać będzie w obu na jednym poziomie. Zawsze tak bywa, że ciecz w dwu połączonych z sobą naczyniach znajduje się na jednym poziomie.

Podniósłszy rurkę otwartą wyżej zobaczymy, że rtęć w niej opada, ale zato podnosi się w rurce drugiej. Gdy napełni ona rurkę tę całkowicie, wtedy zamykamy kurek. Jeżeli opuszczać teraz rurkę otwartą, to rtęć w rurce zamkniętej już nie opada. Dzieje się to dlatego, że przez rurkę otwartą powietrze ciężarem swym ciśnie na rtęć, przez zamk-



niętą zaś cisnąć nie może. Ale gdy tylko otworzyć kran, wtedy powietrze zaczyna cisnąć na rtęć również i w drugiej rurce; rtęć natychmiast opadnie. A że ciśnienie powietrza jest w obu rurkach jednakowe, przeto rtęć będzie się znajdować w obu na jednakowej wysokości.

Napełnijmy teraz ponownie rtęcią rurkę z kurkiem, i rurkę otwartą opuśćmy jak najniżej. Mimo, że kurek jest wciąż zamknięty, rtęć w rurce opada do pewnego poziomu. A gdy rurkę otwartą podnieść do góry, rtęć w rurce zamkniętej znów się podnosi.



Rys. 55.

Przy opuszczonej rurce otwartej rtęć w rurce zamkniętej opada dlatego, że ciśnienie powietrza, wywierane na rtęć w rurce dolnej, nie wystarcza już do wtłoczenia rtęci w całą rurkę. Przy podniesieniu rurki otwartej rtęć podnosi się w drugiej rurce, bo teraz cisnie się na nią nie tylko ciężar powietrza, ale także i ciężar słupa rtęci w rurce otwartej.

Opuśćmy teraz zpowrotem rurkę otwartą i umocujmy obie rurki ściśle obok siebie (rys. 55). Jeżeli zmierzyć odległość od poziomu rtęci w rurce dolnej do poziomu jej w rurce górnej zapomocą miarki centymetrowej, to okaże się, że wynosi ona około 76 centymetrów. Jeżeli rurki będziemy dowolnie opuszczać lub podnosić, poziom rtęci będzie się w nich zmieniał, ale różnica poziomu jej w obu rurkach zawsze będzie wynosiła około 76 cm.

Doświadczenia te dowodzą, że ciśnienie powietrza, działające na powierzchnię rtęci w rurce otwartej, zdoła zrównoważyć ciśnienie słupa rtęci, mającego wysokość 76 centym. Powiadamy, że ciśnienie powietrza odpowiada słupowi rtęci wysokości 76 cm.

Ciśnienie to mierzymy zapomocą barometru, który zbudowany jest podobnie do naszego przyrządu. Mogą się nam nasręczać pewne wątpliwości tylko co do tego, że ciśnienie czyli ciężar atmosfery mierzymy zapomocą długości. Jednakże ciśnienie cieczy zależy tylko od wysokości jej warstwy i niezależy od szerokości tejże to znaczy, że np. słup cieczy wysoki na 1 metr cisnie na

dno naczynia wąskiego z tą samą siłą, co i na dno naczynia dwa lub trzy razy szerszego. Pozatem ciśnienie zależy również i od gęstości cieczy. Słupy cieczy jednakowej wysokości lecz różnej gęstości wywierają ciśnienie tem większe, im gęściejsza jest ciecz. Rtęć jest  $13\frac{1}{2}$  razy gęściejsza od wody i dlatego przy jednakowej wysokości słupów cisnie ona  $13\frac{1}{2}$  razy silniej. Ażeby więc zapomocą wody otrzymać to samo ciśnienie, co zapomocą rtęci, trzeba wziąć słup wody  $13\frac{1}{2}$  razy większy. Barometr wodny miałby przeto wysokość  $76 \times 13\frac{1}{2} = 1026$  cm., czyli przeszło 10 metrów.

Zatem powłoka powietrzna, otaczająca ziemię i zwana atmosferą, wywiera na powierzchnię ziemi ciśnienie, które w warunkach zwykłych równoważy się przez słup rtęci wysokości 76 centym. Ciśnienie, odpowiadające 76 centym. słupa rtęciowego przyjęto za jednostkę, którą nazywamy **jedną atmosferą**. Powietrze nie zawsze wywiera ciśnienie jednakowe, t. j. słup rtęciowy barometru nie jest bynajmniej stały. W tem samym miejscu zmienia się on nieustannie zależnie od stanu atmosfery, od ilości i gęstości powietrza, znajdującego się nad daną okolicą. W zimie wysokość barometru bywa zwykle większa niż w lecie. Wysokości barometru, mierzone jednocześnie w różnych miejscach ziemi, są zazwyczaj różne. Przyczyną tych różnic bywa przedewszystkiem różne wzniesienie nad poziom morza. Wysokość słupa rtęci 76 centym., czyli ciśnienie 1 atmosfery dotyczy właśnie poziomu morza. W naszych doświadczeniach słup rtęci mierzył około 76 cm., albo 760 mm.

45. Zbudowany przez nas barometr posłuży nam teraz do zbadania, jak zmienia się objętość powietrza i wogóle gazów w zależności od zmian ciśnienia.

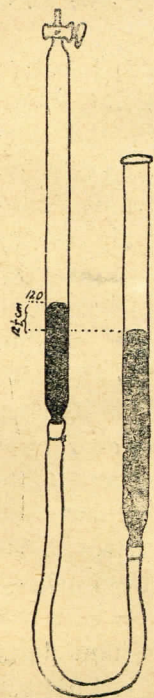
Podnieśmy do góry rurkę otwartą i otwórzmy kurek u rurki zamkniętej. Rtęć opada i natychmiast wchodzi do rurki powietrze. Rurką otwartą manewrujemy w ten sposób, żeby poziom rtęci w rurce z kranem opadł do podziałki 100, t. j. żeby w rurce znajdowało się 100 centymetrów sześciennych powietrza <sup>1)</sup>. Powietrze to wywiera w rurce ciśnienie 76 cm. rtęci, tak jak i powietrze otaczające w pokoju. Wtedy

<sup>1)</sup> Zamiast rurek objętości 100 cm. sz. lub więcej można używać i połowę mniejszych, t. j. na 50 - 60 cm. sz.



kurek zamykamy. Teraz już powietrze w rurce może zmieniać objętość swoją tylko pod wpływem ruchów rtęci.

Opuśćmy więc rurkę otwartą na dół. Rtęć i w rurce zamkniętej opadnie, ale już znacznie mniej. Powietrze teraz zajmuje np. objętość do kreski 120 cm. sz. (rys. 56). Chcąc określić ciśnienie powietrza w rurce, należy zmierzyć różnicę poziomów rtęci w obu rurkach. Wynosi ona  $12\frac{1}{2}$  cm. Jakież jest więc ciśnienie powietrza?



Rys. 56.

Na początku doświadczenia ciśnienie powietrza, zamkniętego w rurce, wynosiło 76 cm. W obu rurkach rtęć wtedy stała na jednakowym poziomie (przy podziałce 100). Teraz zaś rtęć w rurce zamkniętej stoi niżej — przy podziałce 120,—a w rurce otwartej jeszcze niżej niż w zamkniętej. Gdyby więc wysokość rtęci w obu rurkach znajdowała się nadal na jednakowym poziomie, to ciśnienie byłoby jednakowe i równe 76 cm. A tymczasem w rurce otwartej panuje ciśnienie powietrza równe 76 cm., w zamkniętej zaś ciśnienie jest teraz mniejsze, bo nie może popchnąć rtęci do poziomu, odpowiadającego 76 cm. Do poziomu tego brak jeszcze tyle, o ile cm. wyżej stoi rtęć w rurce zamkniętej.

Różnica poziomów rtęci w obu rurkach wynosi, jak już wspomniano  $12\frac{1}{2}$  cm. Znaczący się, że ciśnienie w rurce zamkniętej zmniejszyło się o  $12\frac{1}{2}$  cm., czyli że wynosi ono teraz  $76 - 12\frac{1}{2} = 63\frac{1}{2}$  cm.

Zmieńmy teraz jeszcze kilkakrotnie położenie obu rurek i oznaczmy za każdym razem objętość i ciśnienie. Wynik doświadczenia zanotujmy w postaci tabelki:

| Ciśnienie    |  | Objętość powietrza |
|--------------|--|--------------------|
| 75 cm. rtęci |  | (50) 100 cm. sz.   |
| 62,5 " "     |  | (60) 120 " "       |
| 50,0 " "     |  | (75) 150 " "       |
| 37,5 " "     |  | (100) 200 " "      |
| 25,0 " "     |  | (150) 300 " "      |

Z pomiarów tych przekonamy się, że im większe jest

ciśnienie, pod którym gaz się znajduje, tem mniejszą objętość gaz zajmuje i naodwrot. Z tabelki widzimy, że pod ciśnieniem 75 cm objętość powietrza wynosiła 100 (albo 50) cm sześć. Pod ciśnieniem 37,5 cm, t. j. dwa razy mniejszem objętość wynosi 200 (albo 100) cm. sz., czyli dwa razy więcej; wreszcie pod ciśnieniem trzy razy mniejszem (25 cm.) wynosi ona trzy razy więcej (300 cm. sz.).

Ostatecznie więc widzimy, że w jednakowej temperaturze (bo wszystkie pomiary robiliśmy w jednej i tej samej temperaturze) objętości gazu zależą od ciśnienia i są tem większe im mniejsze jest ciśnienie i tem mniejsze, im ciśnienie jest większe. Możemy więc powiedzieć, że **objętości gazu są odwrotnie proporcjonalne do ciśnień.**

Z tego prawa gazów, dostrzeżonego i ustanowionego przez fizyka angielskiego Boyle'a, wysuwamy jeszcze jeden wniosek. Wiemy, że pewna objętość gazu, np. 100 cm. sz. zawiera pewną, ściśle oznaczoną liczbę cząsteczek. Jeżeli powiększymy ciśnienie, np. dwukrotnie, to objętość gazu dwukrotnie się zmniejszy, t. j. będzie wynosiła tylko 50 cm. sz. A więc ta sama liczba cząsteczek gazu znajdzie się teraz w mniejszej objętości, czyli cząsteczki stłoczone będą gęściej. Jeżeli ciśnienie dwukrotnie zmniejszymy, objętość gazu dwukrotnie się zwiększy, t. j. wyniesie 200 cm. sz., cząsteczki oddalą się więc od siebie, czyli gaz się rozrzedzi.

Widzimy więc, że im większe jest ciśnienie, tem większa jest też i gęstość gazu, a im ciśnienie jest mniejsze, tem gęstość jest mniejsza. Możemy zatem powiedzieć, że **gęstości gazu w jednakowej temperaturze są proporcjonalne do ciśnień.**

46. Gazy, podobnie jak ciała stałe i ciecze, są rozpuszczalne w wodzie i innych rozpuszczalnikach. Podczas omawiania różnych gazów, które dotychczas poznaliśmy, była też mowa i o ich rozpuszczalności w wodzie. Jedne z nich rozpuszczają się lepiej, inne gorzej. Powietrze rozpuszcza się w wodzie również.

Wszyscy napewno widzieliście owe liczne, drobne pęcherzyki, zbierające się na ścianach karafki lub szklanki po napełnieniu jej świeżą wodą i pozostawieniu na pewien czas w spokoju. Również dobrze znacie wodę sodową, która jest właśnie roztworem dwutlenku węglowego w wodzie zwykłej.



Dopóki woda znajduje się w syfonie albo w butelce, dopóty jest zupełnie przezroczysta i nie dostrzegamy w niej wcale gazu; ale gdy tylko nalewamy ją w szklankę, rozpuszczony w niej gaz natychmiast zaczyna uchodzić w postaci szybko wydzielających się pęcherzyków. Powoduje to znane nam dobrze musowanie wody sodowej.

Woda sodowa w syfonie znajduje się pod znacznem ciśnieniem natłoczonego tam gazu; dlatego po naciśnięciu kurka ciśnienie gazu, większe niż ciśnienie atmosferyczne, wypycha ją na zewnątrz. Gazy tem lepiej się rozpuszczają, im większe jest ciśnienie. Po otwarciu butelek z wodą sodową ciśnienie ustaje, więc gazy zpowrotem uchodzą z roztworu.

Rozpuszczalność gazów w wielkim stopniu zależy od temperatury: w zimnie gazy rozpuszczają się lepiej niż w temperaturze wyższej. Wlejmy do szklanki wody sodowej i pozostawmy, żeby gaz mógł swobodnie się ulotnić. Jeżeli potem wodę ogrzejemy, zobaczymy, że w miarę ogrzewania wydziela się jeszcze znaczna liczba pęcherzyków gazu. Po przyniesieniu zimnej wody ze studni do pokoju, wydzielają się z niej liczne pęcherzyki powietrza, osiadające na ścianach szklanki.

W przyrodzie powietrze zawsze rozpuszcza się w wodzie pod wpływem ciśnienia atmosferycznego. A ponieważ tlen łatwiej rozpuszcza się w wodzie niż azot, więc i powietrze, wydzielające się potem z wody, zawiera więcej tlenu, niż zwykłe powietrze atmosferyczne. Okoliczność ta ma duże znaczenie dla życia zwierząt wodnych, oddychających skrzelami. W wodzie przegotowanej, a więc nie zawierającej powietrza, ryby podusiłyby się.

47. Możemy powiedzieć, że nie tylko gazy rozpuszczają się w cieczach, ale też że dzieje się odwrotnie, t. j. że ciecze ożpuszczają się w gazach. Ażeby jednak tak być mogło ciecze muszą najpierw przemienić się na gazy. Jak wiemy, odbywo się to podczas parowania. Woda np. paruje i para, uchodząc w powietrze, częściowo się w niem rozpuszcza. Powietrze atmosferyczne zawsze i wszędzie zawiera parę wodną, która, jak już wiemy, jest przezroczysta i bezbarwna. Ponieważ powietrze jest też przezroczyste, więc rozpuszczonej w niem pary nie dostrzegamy. Jednakże o jej obecności łatwo się możemy przekonać.

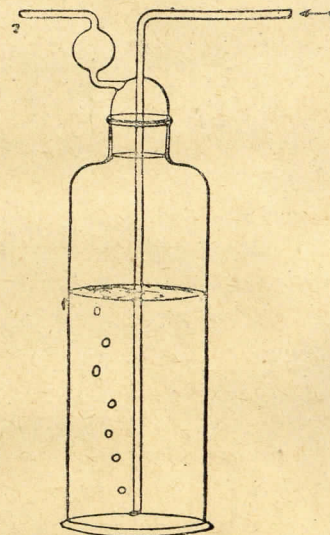
Wiedzie, że para wodna osiada w postaci rosy na przedmiotach zimnych i że deszcz powstaje stąd, iż para, oziębiając się w powietrzu, przemienia się na ciekłą wodę, która opada na ziemię. Przez oziębienie można więc parę z powietrza usunąć. Należmy do szklanki zimnej wody:



Rys 57.

zewnątrzną powierzchnia szklanki natychmiast pokryje się rosą, jaką często widzimy na karafkach z zimną wodą lub naczyniach z lodem, wniesionych do ciepłego pokoju. Rosa ta—to skroplona para wodna z powietrza otaczającego.

Wodę można z powietrza usunąć; jeżeli rzepuszczać powietrze przez naczynie oziębione lodem z solą, to para skrapla się w naczyniu i zamarza na lód. Można też powietrze osuszyć przepuszczając go przez ciało, pochłaniające wodę, czyli **higroskopijne**. Chemicy bardzo często stosują do swych celów powietrze zupełnie suche, a w celu osuszenia przepuszczają go przez rurkę, napełnioną chlorkiem wapniowym (rys. 57), albo też przez płuczkę z kwasem siarkowym (rys. 58) Powietrze wstępuje i wychodzi w kierunku strzałek i płucząc się przez kwas, pozostawia w nim wilgoć. W ten sposób osusza się też wszelkie inne gazy.



Rys. 58.

W zimie często umieszczają w domach naczynia z kwasem siarkowym między oknami podwójnemi. Kwas pochłania parę z powietrza i zapobiega skraplaniu się jej na szybach i zamarzaniu okien. W tym samym celu niektórzy używają soli kuchennej, ale sól o tyle tylko może pochłaniać wilgoć z powietrza, o ile jest zanieczyszczona inną solą, zwaną chlorkiem magnezowym, co istotnie zdarza się dość często.

Z tego, co już mówiono o rozpuszczaniu wiemy, że rozpuszczalność ciał w wodzie lub innych rozpuszczalnikach jest ograniczona; pewna ilość wody w określonej temperaturze



rozpuścić może tylko ograniczoną ilość ciała stałego. Tak samo też i w pewnej ilości powietrza w określonej temperaturze może się rozpuścić tylko pewna ilość pary wodnej. Woda pozostawiona w naczyniu otwartem paruje swobodnie, jakby w przestrzeni otaczającej powietrza nie było wcale; przytem powietrze, znajdujące się w bezpośredniej bliskości cieczy **nasyca się parą**, potem dopływa powietrze świeże, znów się nasyca i t. d. dopóty, aż wszystka woda wyparuje.

Nasycenie się powietrza parą wodną oznacza, że powietrze już więcej pary pochłoniąć nie może. Zdolność rozpuszczania się pary w powietrzu zależy od temperatury. Im wyższa jest temperatura, tem więcej pary może się w powietrzu rozpuścić. Powietrze zwykle pokojowe i na dworze prawie zawsze jest nienasycone; powietrze nasycone bywa tylko podczas deszczu i mgły.

O nasyceniu powietrza parą wodną w różnych temperaturach daje pojęcie tabelka następująca:

|         |     |                        |        |          |
|---------|-----|------------------------|--------|----------|
| w temp. | 0°  | litr powietrza zawiera | 0,0049 | gr. pary |
| " "     | 5°  | " "                    | 0,0068 | " "      |
| " "     | 10° | " "                    | 0,0094 | " "      |
| " "     | 15° | " "                    | 0,0127 | " "      |
| " "     | 20° | " "                    | 0,0171 | " "      |
| " "     | 25° | " "                    | 0,0228 | " "      |
| " "     | 30° | " "                    | 0,0300 | " "      |

Stosunek między ilością wody, zawartej w powietrzu, a ilością, która może się w niem znajdować przy zupełnem nasyceniu, nazywamy **wilgotnością**, albo **stopniem wilgotności** powietrza. Jeżeli np. w litrze powietrza przy 20° znajduje się 0,0140 gr. wody, to stopień wilgotności wynosi  $0,0140 : 0,0172 = 0,82$ , czyli 82%. Widzimy bowiem z tabelki, że w 20° powietrze mogłoby zawierać 0,0171 gr. pary w litrze. Wilgotność powietrza wynosi przeciętnie 70%; jeśli równa jest 50%, to powietrze wydaje się nam suche, przy 90% odczuwamy, że jest wilgotne.

Przejrzawszy uważnie tabelkę widzimy, że co 10 stopni ilość wody rozpuszczonej w powietrzu prawie podwaja się. Dlatego powietrze, które przy 20° jest nasycone zaledwie do połowy, po oziębieniu do 10° staje się już nasycone całkowicie. Powietrze zwykle o wilgotności 70% po ochłodzeniu do 10° musi już wydzielć znaczną część swej wody w sta-

nie ciekłym. W tem tkwi przyczyna deszczu. Deszcz bywa wtedy, gdy wydzielają się większe ilości wody; wtedy bowiem drobne kropelki, wytracone z powietrza, skupiają się w krople duże. Jeżeli zaś wydzielą się mało wody, to drobne kropelki nie skupiają się, lecz pozostają rozproszone i pojawia się tylko mgła. Dlatego mgła zwykle poprzedza deszcz; mgłę, gromadzącą się w górnych warstwach powietrza, nazywamy **obłokami** i **chmurami**.

Wspomnieliśmy, że powietrze zwykle bywa nienasycone parą. Może się to wydawać dziwnem, bo przecież wiemy, że styka się ono z wodą zarówno na morzach, jak i lądach. Przyczyną tego są jednak ruchy powietrza, które dzięki nim wciąż napotyka warunki odmienne. Wyobraźmy sobie, że w pewnem miejscu powietrze nasyciło się parą. Jeżeli następnie przesunie się ono w miejsce cieplejsze, to przestanie być nasyconem; jeżeli zaś trafi na miejsce zimne, to straci część wody w postaci deszczu. Okazuje się tedy, że wszelkie zmiany, jakim podlega powietrze, działają na nie tylko w ten sposób, że staje się ono nienasyconem.

**Pytania.** Jakie dowody są na to, że powietrze jest ciałem? Co to jest atmosfera? Jak można wykazać, że powietrze posiada ciężar? Jak mierzy się ciśnienie powietrza? Opisać urządzenie barometru. Porównać barometr ze zwyczajną wagą. Jaką długość musiałaby mieć rurka barometru, napełnionego cieczą 4 razy cięższą od wody? Jak zachowuje się barometr na wysokiej górze i w głębokiej kopalni? Dlaczego w ziemie słup rtęci barometru bywa nieco wyższy niż w lecie? W jaki sposób można zmniejszyć pewną objętość gazu? Jak zachowują się gazy przy zmianie ciśnienia? Co to jest gęstość gazu i od czego ona zależy? Czy gazy rozpuszczają się w cieczach i czem różnią się one pod tym względem od ciał innych? Skąd się bierze para w powietrzu? Jak wykazać obecność wody w powietrzu? Jak usunąć wodę z powietrza? Co to są ciała higroskopijne? Objaśnić tworzenie się mgły i deszczu.

## XXI. Węgiel

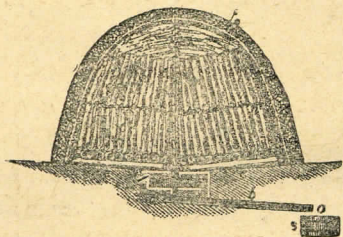
48. Pierwszym pierwiastkiem stałym, który rozpatrujemy, jest **węgiel**. Nazwa ta przypomina zupełnie zwykły węgiel drzewny oraz różne inne rodzaje węgla, o których zapewne słyszeliście. Bo rzeczywiście, pierwiastek węgiel jest podobny do węgla drzewnego i jest składnikiem głównym wszystkich znanych nam rodzajów węgla. Węgiel drzewny różni się jednak od węgla czystego tem, że zawiera jeszcze



domieszki, o czym przekonywamy się po spaleniu go: pozostaje popiół drzewny.

Drzewo i wogóle materia zasadnicza, z której zbudowane są tkanki roślin, składa się przeważnie z **blonnika**. Ciało to zbudowane jest z węgla, wodoru i tlenu. Chcąc więc otrzymać węgiel z roślin, należy usunąć tlen i wodór. W tym celu drzewo poddaje się ogrzewaniu bez dostępu powietrza. Podczas tego blonnik rozkłada się, wodór i tlen uchodzą, łącząc się z sobą i częściowo z węglem na różne związki, węgiel zaś w głównej masie pozostaje.

Dawniej wypalano węgiel drzewny w tak zwanych **mielerzach**, czyli stosach ułożonych z łupków drzewa, przysypanych ziemią i obłożonych darnią. Od spodu podkładano ogień i zostawiano tylko niewielki otwór u góry, przez który uchodzi dym i tworzące się gazy. Drzewo rozgrzewa się i tli bez dostępu powietrza i dzięki temu nie spala się, lecz tylko zwęglą (rys. 59). Taki sposób wypalania węgla jest nieracjonalny, gdyż przytem uchodzą w powietrze w postaci gazów rozmaite cenne wytwory, jakie przytem powstają, a mianowicie: ocet drzewny (kwas octowy), spirytus drzewny i część smoły drzewnej. Reszta



Rys. 59.

smoły spływa rynną do naczynia, umieszczonego pod spodem mielerza.

Obecnie stosuje się ogrzewanie drzewa w zamkniętych naczyniach żelaznych, z których przez rurę uprowadza się wszystkie gazy i cenne wytwory. Sposób taki przypomina destylację i nazywa się też **destylacją suchą**. Po zupełnem oddestylowaniu wszystkich ciał lotnych pozostaje w naczyniu czysty węgiel drzewny. Na kawałkach takiego węgla rozpoznajemy łatwo nie tylko warstwy i pierścienie drzewne, lecz zapomocą mikroskopu dostrzegamy nawet pierwotną budowę komórkową drzewa.

Znacznie czystsza odmiana węgla są **sadze**. Jest to już prawie czysty węgiel. Sadze mają postać proszku nadzwyczaj miękkiego, o czym łatwo przekonać się, rozcierając na papierze kłaczki kopci, uchodzącego z kopcącej lampy

naftowej. Nafta składa się z węgla i wodoru. Lampa kopci wtedy, gdy knot jest zbyt mocno wysunięty albo, gdy szpary, doprowadzające powietrze, są w palniku zatkane. Wtedy węgiel nie zdąży się spalić z braku tlenu i część jego wydziela się w postaci sadzy. Węgiel, występujący w sadzach, mimo że jest prawie czysty, nigdy nie przyjmuje postaci krystalicznej, t. j. nie tworzy kryształów; tę odmianę węgla nazywamy **bezpostaciową**.

Również i węgiel drzewny jest bezpostaciowy, lecz jest zanieczyszczony i, jak nadmieniono, zachowuje on podobieństwo do drzewa.

Samodzielne zwęglanie się roślinności odbyło się niegdyś na ziemi i wciąż nadal się odbywa. W dawnych okresach rozwoju ziemi istniała roślinność niezwykle obfita i potężna. Roślinność ta zaginęła, ustępując miejsca postaciom nowym, lecz doszczętnie nie zniknęła: zostały po niej olbrzymie pokłady węgla, który ludzkość wyzyskuje dziś do swych celów.

Jeżeli drobne rośliny lub nawet potężne drzewa obumarłe pozostawać będą **na powietrzu**, to próchnieją, stają się coraz lżejsze i z czasem utleniają się, czyli spalają, aż na popiół, o ile szczątków ich nie rozniosą wiatry i nie zabierze woda. Gdy jednak zostaną one zasypane ziemią lub zalane wodą, a przez to zabezpieczone od dostępu powietrza, to wtedy stwarza się coś w rodzaju naczynia, w którym drzewo zamknięte jest jak do suchej destylacji. Zaczyna się wówczas proces butwienia drzewa, czyli powolnego zwęglania się, podobny cokolwiek do suchej destylacji, z tą różnicą, że wytwory, tworzące się przytem, nie całkowicie się ulatniają z butwiejącej masy. Podczas procesu tego samodzielnie wywiązuje się ciepło, a w miarę jego przybywania cały proces odbywa się szybciej. Przytem jeszcze ciśnienie mas ziemnych na butwiejącą masę drzewną sprzyja podnoszeniu się temperatury i całemu przebiegowi procesu.

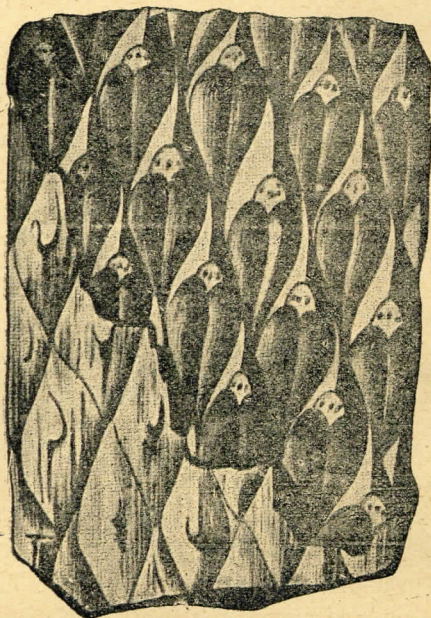
Podczas butwienia wodór i tlen blonnika łączą się częściowo na wodę, częściowo zaś łączą się też z węglem, tworząc rozmaite bardziej złożone związki węglowe. Im dłużej ten proces trwa, im wyższą jest temperatura i ciśnienie, pod którym się on odbywa, tem zwęglenie masy drzewnej jest doskonalsze, t. j. tem więcej czystego węgla powstaje.



Zależnie od procesu zwęglenia odróżniamy kilka odmian węgla. a mianowicie:

1) **Antracyt** zawiera najwięcej węgla (do 95%). Utracił on już zupełnie budowę roślinną; ma barwę czarną, połyskującą metalicznie, jest twardy i daje się polerować. Pali się trudno, lecz daje najwięcej ciepła.

2) **Węgiel kamienny** zawiera od 75 do 90% czystego węgla. Jest czarny, lecz bardziej kruchy niż antracyt. Ślady pochodzenia roślinnego znajdują się w nim bardzo rzadko, lecz w ko-



Rys. 60.

Zwęglona część pnia olbrzymiego widłaka — lepidodendronu.

palniach napotykać często całe pnie drzewne zwęglone, a na bryłach węgla piękne odciski zaginionych drzew (rys. 60). Świadczy to doskonale o pochodzeniu węgla.

Zapomocą suchej destylacji węgiel kamienny bywa przetwarzany na **gaz oświetlający i smołę pogazową**, z której wyrabiane są bardzo liczne niezmierne ważne i cenne przetwory chemiczne; robią z nich liczne barwniki sztuczne i środki lecznicze (kwas karbolowy, naftalinę i inne).

Na ziemiach polskich mamy dużo węgla. Pokłady jego zalegają na przestrzeni około 100 mil kwadratowych w zagłębiu Śląsko-polskiem, ciągnącym się od Morawskiej Ostrawy przez Śląsk Dolny i Górny do Siewierza w Kongresówce, a Tenczynka i Alwernji w Galicji. Znane kopalnie znajdują się w Zagłębiu Dąbrowskiem. Bardzo bogate pokłady doskonałego węgla gazowniczego znajdują się na Śląsku Cieszyńskim. Ilość węgla, zalegającego na ziemiach naszego Śląska starczyłaby według obliczeń dla całej Europy na 800 lat.

3) **Węgiel brunatny czyli lignit**. Jest to węgiel młody, czyli taki, u którego zwęglenie drzewa nie osiągnęło jeszcze stopnia doskonałego. Dlatego też na kawałkach węgla tego widać wyraźnie budowę tkanki drzewnej, a barwa jego bywa często czarno-brunatna. Zawiera najwyżej 75% czystego węgla. Pali się łatwo, lecz płonie szybko, pozostawiając bardzo dużo popiołu. Węgiel brunatny w Polsce jest bardzo rozpowszechniony, lecz pokłady jego dotychczas są bardzo mało wyzyskane.

4) **Torf**. Torf jest materiałem roślinnym, będącym w stanie zwęglenia początkowego. Zawiera tylko do 60% węgla. Dobywają go z torfisk, czyli kotlin naturalnych, najczęściej mokrych; torf bowiem tworzy się w moczarach i wodach stojących z mechów, turzyc, trzciny oraz innych drobnych roślin, porastających powierzchnię przestrzeni zawodnionej. Stare rośliny odumarłe pogrążają się na dno moczaru, miejsce ich zaś zajmują młode. W ten sposób z czasem cała kotlina wypełnia się ich szczątkami, które stłaczają się i splatają w skupienia spłśnione. Włókna roślinne sklejają się częściowo masą próchnicową, utworzoną z wypłukanego przez wodę subtelnego ilu torfowego.

Po wydobyciu torf musi być najpierw wysuszony. Ma on wtedy postać brunatnej masy spłśnionej i lekkiej. Pali się dość łatwo, ale daje mało ciepła i pozostawia dużo popiołu.

Z pomiędzy omówionych rodzajów węgla tylko węgiel drzewny i sadze mają cechy pierwiastka węgla. Węgla pozostałe zawierają co prawda dużo węgla, ale prócz tego zawierają znaczne ilości innych związków chemicznych i mogą być uważane raczej za związki chemiczne. Dopiero po usunięciu z nich wszystkich tych związków pozostaje węgiel pierwiastek, lecz również zanieczyszczony, podobnie jak i węgiel drzewny. Węgłem takim jest **koks**, pozostający po wyrobie gazu oświetlającego, czyli po suchej destylacji węgla.

49. O użyteczności węgla nie potrzeba zbyt wiele mówić, bo wszyscy dobrze wiecie, jak cennym jest on materiałem. Używamy go zarówno do ogrzewania i gotowania, jak i w całym przemyśle do palenia pod kotłami parowymi. Dzieje się to dlatego, że podczas spalania węgla wydziela się znaczna ilość pracy, występującej w postaci **energji cieplnej** (ciepła). Węgiel jest przeto najważniejszym źródłem energii. Prawdzi-



wie użytecznym jest tutaj właściwie nie sam węgiel, lecz ciepło, które daje podczas spalania się. To też, wytwory spalania staramy się możliwie szybko usunąć z paleniska przez komin, zaś powstające ciepło możliwie zupełnie zatrzymać.

Węgiel spożywany z pokarmami, dostarcza też energii ciału zwierząt i człowieka. Była już o tem mowa w rozdziale 23 str. 47. Pokarmy składają się ze związków węgla z wodorem i tlenem, a niektóre zawierają też azot. A ponieważ służą one również do odbudowy ciała istot żywych, przeto wszystkie te substancje, z których składa się ciało zwierząt i roślin zawierają węgiel. Nazywamy je **związkami organicznymi**; nazwa ta pochodzi stąd, że istoty żywe nazywamy organizmami.

Z powodu obecności węgla w związkach, pochodzących z ciała istot żywych, przyjęto obecnie nazywać związkami organicznymi wszystkie związki węglowe, a więc nie tylko naturalne, ale także i otrzymywane sztucznie. A ponieważ związków tych jest bardzo dużo (znacznie powyżej stu tysięcy), więc je oddzielono w osobną grupę, badaniem której zajmuje się **chemia organiczna**, czyli chemia związków węgla; badaniem zaś wszelkich innych związków zajmuje się **chemia nieorganiczna**.

Podział ten wydaje się dość dowolnym, ale ma tę rację bytu, że związki węglowe zachowują się dość odrębnie i mają wiele cech wspólnoty między sobą. Zresztą niektóre z nich są omawiane również i w chemii nieograniczonej, gdyż węgiel występuje też w wielu minerałach oraz skałach; np. wapienie, marmur i kreda zawierają go w znacznej ilości. W związkach tych nie domyślamy się z pozoru obecności węgla, podobnie jak niedostrzegamy go i w gazie, powstającym podczas spalania się węgla. Wiemy już, że przyczyną tego są zupełnie inne własności związków, aniżeli własności pierwiastków.

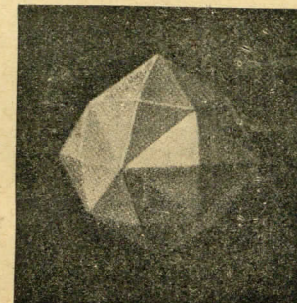
Ale nawet i sam pierwiastek węgiel występuje pod kilku postaciami do siebie niepodobnymi. Trudno uwierzyć, że np. **djament**, tak ceniony jako najwspanialszy kamień ozdobny, jest również odmianą węgla. Wszystkie własności fizyczne djamentu są wręcz przeciwne własnościom węgla drzewnego lub sadzy: djament jest przezroczysty i bezbarwny, węgiel drzewny jest czarny; djament jest najtwardszy ze wszystkich ciał w przyrodzie, węgiel drzewny jest miękki; wreszcie węgiel

drzewny jest ciałem bezpostaciowym, djament zaś należy do ciał krystalicznych.

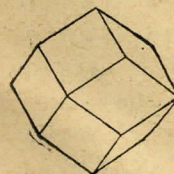
Postacią zasadniczą kryształów djamentu bywa czterdziestoośmiościan (rys. 61) i dwunastościan rombowy (rys. 62), lecz najczęściej znajduwane bywają kryształy nieprawidłowe lub zaokrąglone. Brylant bywa najczęściej bezbarwny, lecz zdarzają się również okazy rozmaicie zabarwione; odznacza się silnym połyskiem i pyszną grą barw, zwłaszcza po oszlifowaniu. Zdarzają się też okazy nieprzezroczyste i czarne, używane do szlifowania innych brylantów i kamieni oraz do wyrobu świdrów, służących do wiercenia otworów w ziemi; brylant jest bowiem najtwardszem ze wszystkich ciał i rysuje wszystkie minerały.

Djamenty oszlifowane mają kształty sztuczne i nazywają się **brylantami**. Podczas szlifowania nadają im taki kształt, który zapewnia jak największą łamliwość promieni światła oraz ich odbijanie się od ścian wewnętrznych kryształu. Po oszlifowaniu djamenty stają się jeszcze droższe, gdyż się zmniejszają, a i praca nad szlifowaniem jest kosztowna i trwa bardzo długo. Duże djamenty zdarzają się rzadko i są niezmiernie drogie; wartość ich oblicza się na miliony marek. Na rys. 63 wyobrażony jest jeden z największych brylantów, „Wielki Mogoi“, znaleziony w Indji. Bogate kopalnie djamentów znajdują się w Afryce południowej (w Transwaalu).

Zapomocą doświadczenia byłoby nam trudno przekonać się, że djament jest rzeczywiście węglem krystalicznym, bo nie moglibyśmy sobie pozwolić na zniszczenie tak kosztownego klejnotu, a powtórnie trudno byłoby nam wykonać niezbędne doświadczenie zapomocą środków prostych. Musimy więc przyjąć za pewnik doświadczenia wykonane przez innych. Otóż djament spala się w tlenie doszczętnie, tworząc dwutlenek węglowy — ten sam gaz, który tworzył się podczas palenia się świecy



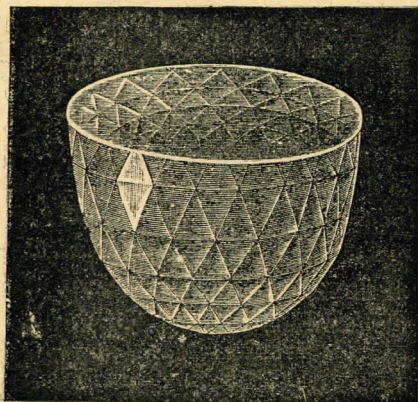
Rys. 61.  
Czterdziestoośmiościan



Rys. 62.  
Dwunastościan



oraz innych ciał, zawierających węgiel. Różnica jest tylko ta, że podczas palenia się świecy lub drzewa prócz gazu tego tworzy się również woda (dlaczego?), zaś podczas spalania się djamentu tworzy się tylko dwutlenek węglowy i to w ilości takiej, jaka powstanie, jeśli spalimy taką samą ilość wagową czystego węgla. Dowodzi to, że djament jest czystym węglem.



Rys. 63.  
Brylant „Wielki Mogół”, wielkość naturalna

Obecność dwutlenku węglowego wykrywaliśmy już parokrotnie zapomocą wody wapiennej, która przy zetknięciu się z tym gazem natychmiast bieleje (str. 37). W ten sposób wykrywaliśmy też dwutlenek węglowy w powietrzu oddechem (zob. rys. 31). Zapomocą tego samego odczynnika możemy też łatwo stwierdzić gaz powyższy po spaleniu djamentu.

50. Istnieje jeszcze jedna odmiana węgla, do poprzednich niepodobna, mianowicie **grafit**. Jest to również odmiana krystaliczna, ale kryształy lepiej wykształcone zdarzają się nadzwyczaj rzadko. Występuje w ziemi w skupieniach listkowatych lub łuskowatych, niekiedy włóknistych i ziemistych, barwy stalowo-szarej, o silnym połysku metalicznym. Jest tak miękki, że ściera się z łatwością na papierze, czyli pisze i łatwo daje się skrobać paznokciem; pochodzi też stąd i nazwa grafitu: grafein oznacza po grecku pisać. Bywa używany do wyrobu ołówków czarnych i stąd łatwo możecie się z nim zapoznać. Chociaż jest to węgiel, jednakże spala się bardzo trudno, trudniej jeszcze niż djament i dlatego bywa używany też do wyrobu tygli ogniotrwałych, służących do topienia metali. Słynne pokłady grafitu znajdują się na Cejlonie i na Syberji. Znalezione go też i na Wołyniu (w Mecherzyńcach, w okolicy Cudnowa i in.).

Przypuszczają, że grafit jest przekrystalizowanym i prze-

obrażonym węglem z roślin; zmiany te nastąpić mogły pod wpływem wysokiej temperatury i ciśnienia. Czysty grafit spala się w tlenie doszczętnie, dając tylko dwutlenek węglowy; gatunki pospolite pozostawiają ponadto też trochę popiołu, pochodzącego z zanieczyszczeń.

Okazuje się więc, że węgiel jest pierwiastkiem szczególnym, który występuje w trzech rozmaitych odmianach o odrębnych własnościach fizycznych, będących jednym i tym samym rodzajem materji. Te trzy odmiany możnaby do pewnego stopnia porównać z trzema stanami skupienia — stałym, ciekłym i gazowym, z tą jednak różnicą, że wszystkie trzy odmiany węgla są ciałami stałymi. Pewne podobieństwo ujawnia się jednakże w tem, że tak, jak np. wodę można zapomocą ogrzewania i oziębiania przemieniać na ciała o odmiennym stanie skupienia, tak i odmiany węgla przemienić można jedną na drugą zapomocą wysokiej temperatury. Np. węgiel zwyczajny, ogrzewany w piecu elektrycznym do bardzo wysokiej temperatury, przemienić można na grafit. Podobnej przemianie w takichże warunkach ulega djament. Można też znaleźć warunki, w których z grafitu otrzymamy węgiel zwyczajny, a z tego znów djament. Djamenty, coprawda mikroskopowej wielkości, otrzymano przez ogrzewanie węgla w piecu elektrycznym pod wielkim ciśnieniem. Niewiadomo jednak czy one powstają w zbliżony sposób w przyrodzie. Przemiany te odbywają się zawsze kosztem zużycia pewnej znacznej nawet ilości pracy, czyli energii, a powstające przytem odmiany różnią się tem właśnie, że kryją w sobie rozmaite ilości tej energii.

Te trzy odrębne odmiany węgla nazywają się odmianami **allotropowymi** i różnią się pomiędzy sobą odmienną zawartością energii. Zjawisko zaś takie nazywa się **allotropją** i zdarza się również u innych pierwiastków.

**Pytania.** Z jakich pierwiastków zbudowane jest ciało roślin? Jak otrzymać można węgiel z drzewa? Czy węgiel drzewny jest pierwiastkiem? Opisać przebieg zwęglania się roślinności w przyrodzie. Wymienić i opisać różne odmiany węgla opałowych. Jaka różnica zachodzi pomiędzy butwieniem i próchnieniem drzewa? Co to są związki organiczne? Czy węgiel wchodzi też w skład ciał mineralnych? Jakie są odmiany węgla-pierwiastka? Jak udowodnić, że te odmiany — to jeden i ten sam pierwiastek? Jak rozumiecie zjawisko allotropji? Co to jest

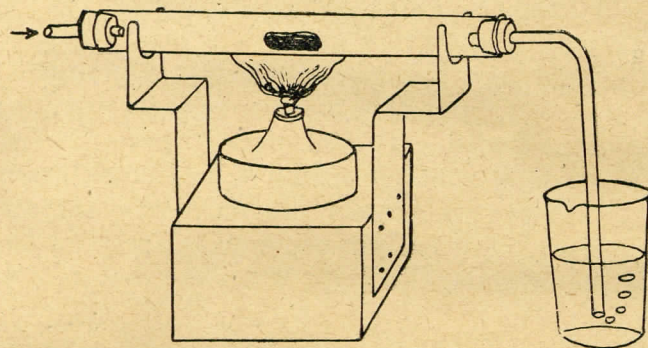


sucha destylacja? Poddajcie węgiel kamienny suchej destylacji i opiszcie dostrzeżone przytem zjawiska (narysujecie przyrząd, w którym doświadczenie to możnaby wykonać).

## XXII. Dwutlenek węglowy

51. Wielokrotnie już wspominaliśmy o tem, że podczas palenia się węgla powstaje gaz, zwany dwutlenkiem węglowym, który wykryć można zapomocą wody wapiennej. Przekonajmy się raz jeszcze o tworzeniu się gazu tego podczas łączenia się z tlenem czystego węgla.

W tym celu ogrzewajmy kawałeczek węgla drzewnego w rurce szklanej osadzonej w podstawie, którą łatwo zrobić można z klocka drewnianego i blachy lub drutu żelaznego (rys. 64). Rura musi być ze szkła trudnotopliwego. Z jednej strony wpuszczamy do rury strumień powietrza, posługując się w tym celu znanym nam już gazomierzem z butli szkła-



Rys. 64.

nych (rys. 42). Chociaż węgiel nie płonie, jednak żarzy się, a tworzący się dwutlenek wraz z resztą powietrza uchodzi z drugiej strony przez rurkę zgiętą i zanurzoną w wodę wapienną.

Woda mętnieje coraz bardziej skutkiem tworzenia się w niej **białego osadu**, który po ustaniu się osiada na dnie szklanki w postaci proszku.

W doświadczeniu tem otrzymujemy dwutlenek węglowy zmieszany z powietrzem i azotem. Chcąc lepiej poznać gaz

ten, musimy otrzymać go w stanie czystym i w większej ilości. W tym celu posługujemy się przyrządem, służącym do otrzymywania wodoru (rys. 38); do butelki kładziemy kilka kawałków **marmuru** albo **kredy** i przez lejek nalewamy kwasu solnego. Natychmiast zaczyna się burzenie cieczy skutkiem wydzielania się obfitych pęcherzyków dwutlenku węglowego. Co właściwie dzieje się z kredą i kwasem — wkrótce poznamy. Podczas otrzymywania wodoru z kwasu i cynku wodór wydzielał się z kwasu, tutaj zaś dwutlenek węgla wydziela się nie z kwasu oczywiście, lecz z marmuru lub kredy. Lecz wróćmy teraz do samego gazu.

Sprawdźmy najpierw, jak zachowuje się on względem wody wapiennej. W tym celu albo wpuszczamy gaz rurką do szklanki z wodą, albo też najpierw wpuszczamy go trochę do butelki, a potem dolewamy wody wapiennej; powstaje natychmiast białe zmętnienie.

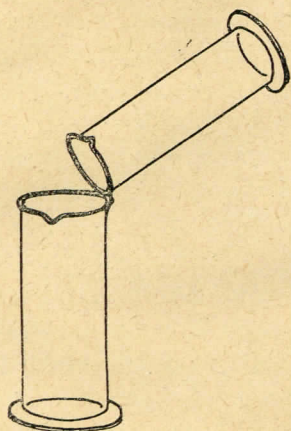
Napełnijmy teraz dwutlenkiem węglowym dwie probówki lub dwa cylinderki w taki sam sposób, jak napełnialiśmy je wodorem (str. 79). Jedną z nich odwróćmy następnie na pewien czas do góry dnem i sprawdźmy, w której z nich gaz pozostanie. Możnaby się o tem przekonać zapomocą wody wapiennej, ale lepiej i prościej zrobić to w tym wypadku zapomocą zapalanej szczyпки. Dwutlenek węglowy działa na ciała płonące tak jak azot, t. j. gasną one w nim natychmiast. W naczyniu obróconem do góry dnem szczyпка płonie czas jakiś, w naczyniu ustawionem otworem do góry gaśnie ona natychmiast.

Doświadczenie to wskazuje po pierwsze, że dwutlenek węglowy jest cięższy od powietrza, gdyż wylewa się z naczyń po odwróceniu ich otworem na dół, a powtóre, że ani nie podtrzymuje palenia ani też sam się nie pali. Dzięki temu, że jest cięższym od powietrza, możemy go przelać do innego naczynia. Zapomocą wody wapiennej stwierdzimy, że w świeżem naczyniu dwutlenku niema, wylejmy wodę i napuśćmy tego gazu z innego naczynia w ten sposób, jakbyśmy przelewali ciecz (rys. 65); woda wapienna wykaże obecność dwutlenku w naczyniu stojącym.

Dzięki tejże własności dwutlenku węglowego nie potrzebujemy napełniać nim naczyń pod wodą, lecz poprostu wpuszczamy go przez rurkę na dno naczynia; skutkiem ciężaru



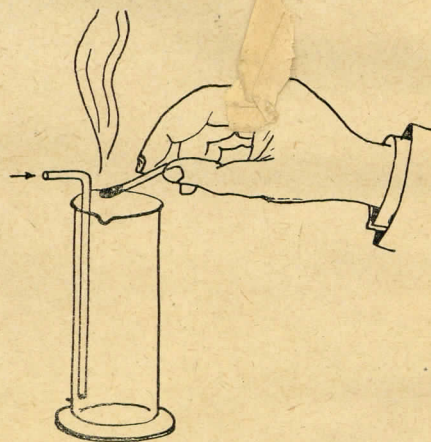
swego gaz opada na spód. Chcąc się przekonać, czy naczynie jest już napełnione, zbliżamy do otworu zapalną płonącą; jeśli zgaśnie, jest dowodem, że gaz przelewa się przez brzegi naczynia (rys. 66).



Rys. 65.

rugować samego siebie ze związków.

Jednakże pierwiastki mogą być rugowane ze związków przez pierwiastki inne. Tlen nie może być odbierany z dwutlenku węglowego przez węgiel, ale łatwo jest odbierany przez magnez. Zapalmy taśmę magnezową i wprowadźmy ją do naczynia z dwutlenkiem węglowym: słychać trzask i widać skry miotane wokół, magnez płonie i tworzą się dwa ciała — czarne i białe; białe — to tlenek magnezowy, czarne — to węgiel, wydzielający się z dwutlenku.



Rys. 66.

52. Tak jak i inne gazy, dwutlenek węglowy rozpuszcza się w wodzie. Można się o tem przekonać, napełniając butelkę dwutlenkiem i dolewając trochę wody. Zatkawszy otwór palcem, skłócamy mocno zawartość butelki; widać, że palec wtłaczany jest do wnętrza. Dzieje się to dlatego, że wewnątrz gazu ubyło, gdyż rozpuścił się w wodzie, a skutkiem tego

zmniejszyło się też i ciśnienie gazu wewnątrz i większe ciśnienie zewnętrzne (atmosferyczne) wtłacza palec w otwór. W ten sam sposób okazać można również rozpuszczalność innych gazów w wodzie.

Rozpuszczalność gazów zależy od temperatury (str. 104). Litry wody o temperaturze pokojowej rozpuszcza około litra dwutlenku węglowego; w temper. niższej rozpuszcza się więcej gazu, w wyższej — mniej. Poza to rozpuszczalność zależy też i od ciśnienia. Woda sodowa jest to roztwór dwutlenku w wodzie pod ciśnieniem około 4 atmosfer. Gdy ciśnienie ustanie, t. j. gdy nalejemy wody sodowej z syfonu do szklanki, nadmiar gazu rozpuszczonego uchodzi z wody w postaci pęcherzyków i to powoduje znane musowanie wody sodowej.

Dwutlenek węglowy bywa też stosowany do gazowania piwa i win musujących. W tym celu bywa on wyrabiany w fabrykach i sprzedawany w stanie skroplonym w cylindrach stalowych, szczelnie zaśrubowanych. Skraplanie gazów odbywa się zapomocą pomp stłaczających je do mniejszej objętości. Siła stłaczania (ciśnienie) zależy od tego, w jakiej temperaturze gazy się stłacza; im niższa jest przytem temperatura, tem mniejszego potrzeba ciśnienia. Dwutlenek węglowy skrapla się w temp. 0° zapomocą 35 atmosfer ciśnienia, a przy — 30° staje się on ciekłym już pod ciśnieniem zwykłym.

Dwutlenek węglowy występuje również w przyrodzie. Jest on stałym składnikiem powietrza. Czyste powietrze większe zawiera na 10000 części 3 części dwutlenku węglowego. W tej samej objętości powietrza miejskiego znajduje się 6 do 7 części dwutlenku, a w pomieszczeniach zamieszkałych niedostatecznie przewietrzanych zawartość dwutlenku wzrastać może do 50 części.

Obecność dwutlenku w powietrzu wykryć można zapomocą wody wapiennej. Już tylko stojąc w szklance otwartej, woda wapienna lekko mętnieje, a na powierzchni jej tworzy się biały kożuszek. J. szcze prędzej woda zmętnieje, gdy przepuszczać będziemy przez nią powietrze zapomocą naszego gazomierza (rys. 42 ).

Jakież są źródła, z których dwutlenek węglowy przenika do powietrza? Znaczne ilości jego dobywają się z wnętrza ziemi. Np. na Spiszu w Drużbakach górnych istnieje ciepłe



źródło o znacznej zawartości wapienia; obok znajduje się kotlina, ze szczelin której dobywa się dwutlenek. Drobne zwierzątka i owady giną tam od uduszenia. Dwutlenek węglowy nie jest gazem trującym; wszak pijemy go bez obawy w wodzie sodowej, do oddychania jednak potrzebny jest tlen. Na wyspie Jawie istnieje tak zwana Dolina śmierci, czyli kotlina wypełniona dwutlenkiem. Zwierzęta, które zabłąkają się tam, giną od uduszenia.

Dalszym źródłem dwutlenku jest spalanie się węgla i drzewa; dym z kominów unosi z sobą dwutlenek w powietrze. Podczas gnicia ciał roślinnych i zwierzęcych węgiel łączy się z tlenem na dwutlenek, który również uchodzi w powietrze. Wreszcie nieustającym źródłem dwutlenku jest oddychanie człowieka, zwierząt i roślin. Rośliny pobierają również tlen z powietrza i wydzielają dwutlenek, tylko że proces ten odbywa się u nich znacznie powolniej.

53. Wszystko to przemawia za tem, że zawartość dwutlenku w powietrzu powinna się stale zwiększać. Byłoby tak rzeczywiście, gdyby nie to, że na ratunek pośpieszają rośliny. One to nieustannie pochłaniają dwutlenek z powietrza i w ciele swem rozkładają go na węgiel i tlen; węgiel zużywają na odbudowę własnego ciała, tlen zaś w stanie wolnym uchodzi z powrotem w powietrze.

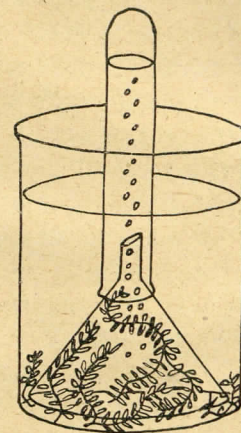
Ten niezmiernie ważny proces stwierdzić można zapomocą doświadczenia. W obszernym słoju szklanym (rys. 67), napełnionym wodą, umieszczamy pod lejkiem kilkanaście świeżo ściętych łodyżek roślin wodnych.<sup>1)</sup> Zanim rośliny przykryjemy lejkiem należy przepuszczać przez wodę w słoju powolny strumień dwutlenku węglowego w ciągu 10 minut, żeby gaz ten rozpuścił się w wodzie.

Napełniwszy probówkę wodą, zatykamy jej otwór palcem i nakładamy pod wodą na rurkę lejka. Teraz cały przyrząd wystawiamy na bezpośrednie działanie słońca.

<sup>1)</sup> Doskonale nadają się do tego celu rogatek podwodny (*Ceratophyllum demersum*), albo zaraza wodna (*Elodea canadensis*). Gałązeczki zwykłych roślin liściastych lądowych nie dają dobrego wyniku, gdyż w wodzie nie znajdują się one w warunkach zwykłego wzrostu. Doświadczenie powyższe trwa około dwu godzin.

Z obciętych końców łodyżek zaczynają się po chwili wydzielać bąbelki gazu, które dążą przez rurkę lejka i zbierają się w probówce. Gdy uzbiera się około trzeciej części probówki gazu, zatykamy ją palcem znów pod wodą i wyjmujemy ze słoja. Żarząca się szczypka, pogrążona w probówkę, wybuchnie płomieniem, co dowodzi, że gaz nagromadzony jest to tlen.

To samo, co tutaj widzieliśmy w doświadczeniu, dzieje się w naturze, z tą tylko różnicą, że rośliny lądowe czerpią dwutlenek bezpośrednio z powietrza. Można by stąd wnosić, że rośliny oczyszczają powietrze, czyniąc go bogatszym w tlen i że dlatego powietrze w ogrodach i lasach jest lepsze niż w miastach. W rzeczywistości ten wpływ roślin na powietrze jest bardzo mały, gdyż ruchy powietrza (wiatry) wyrównują bardzo szybko różnicę pomiędzy zawartością tlenu w powietrzu leśnym a miejskim.



Rys. 67.

Rośliny wodne czerpią dwutlenek węglowy z wody, w której pewna ilość jego jest rozpuszczona. Tlen, który następnie oddają one, pozostaje w wodzie i korzystają z niego znów ryby i zwierzęta wodne, oddychające skrzelami oraz zwierzęta niższe, u których woda przenika bezpośrednio do tkanek ciała.

Okazuje się więc, że życie roślin i zwierząt pozostaje w łączności wzajemnej: rośliny pobierają zbyteczny zwierzętom dwutlenek węglowy, zwierzęta zaś czerpią wydzielany przez rośliny tlen. Odbywa się nieustanne krążenie węgla i tlenu.

Proces rozkładu dwutlenku węglowego na węgiel i tlen, czyli proces **asymilacji** albo **przyswajania** sobie dwutlenku przez rośliny, odbywa się na świetle słonecznym. Powstawaniu dwutlenku przy spalaniu się węgla lub związków organicznych towarzyszy wydzielanie się ciepła. Ażeby następnie zpowrotem rozłożyć dwutlenek węglowy trzeba dostarczyć takiej samej ilości ciepła, jaka podczas łączenia się węgla i tlenu wydzielila się. Ciepła tego dostarcza słońce.



Rośliny wiodą podwójny tryb życia. Z jednej strony muszą one, jak i zwierzęta, wykonywać pracę: — wciągają wodę, rosną, wytwarzają kwiaty i owoce i t. d. Pracy tej nie mogą one stworzyć z niczego i w tym celu zużywają pokarm. Lecz różnią się one tem właśnie od zwierząt, że pokarm ten wytwarzają sobie same, czerpiąc od słońca niezbędną do tego celu pracę czyli energję; pod wpływem słońca rozkładają one dwutlenek węglowy i z zatrzymanego węgla wytwarzają główne pożywienie i materiał na swe ciało. Z drugiej znów strony rośliny, podobnie do zwierząt, wykonywują pracę swą dzięki energji, powstającej przez spalanie się w nich pożywienia. Powoduje to stratę, którą pokrywają one przez nagromadzenie energji światła słonecznego. Energji tej gromadzą one znacznie więcej, niż zużywają, ponieważ potrzebują jej i wówczas, gdy słońca nie ma.

Dzięki spalaniu się części pożywienia w ciele roślin, wydzielają one dwutlenek węglowy. Daje się to zauważyć zwłaszcza w ciemności, gdyż na świetle słonecznym wydzielają one równocześnie tlen w ilości znacznie większej niż dwutlenek węglowy.

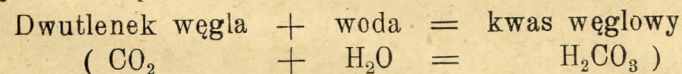
Szczegóły tego procesu nie są wiadome. Wiadomo tylko, że przyswajanie odbywa się w częściach zielonych rośliny, a więc tylko u roślin zielonych, t. j. głównie w liściach. Barwa zielona zależy od obecności drobnych kuleczek barwnika zielonego, zwanego **chlorofilem**, który wypełnia komórki liścia. Cały ten tajemniczy a niezmiernie ważny proces odbywa się właśnie w owych drobnych ziarenkach chlorofilu; one to są wyposażone w środki, służące do przemiany światła słonecznego na energję związków chemicznych, obecnych w roślinach.

Związki te zużytkowujemy w sposób rozmaity. Służą one za pokarm światu zwierzęcemu, a zmiany chemiczne, jakim przytem podlegają, dostarczają ustrojowi zapasu energji, niezbędnego do życia. Spalanie drzewa i węgla opałowego i użytkowanie wytworzonego ciepła jest również czerpaniem energji z ciała roślinnego. Możemy więc śmiało powiedzieć, że rośliny zielone są śpichlerzami energji słonecznej.

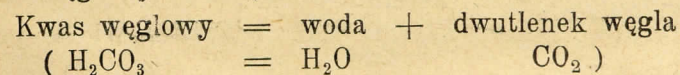
54. Jest jeszcze jedna własność dwutlenku węglowego, o której słów kilka należy powiedzieć. Pijąc wodę gazowaną (sodową), odczuwamy, iż ma ona smak trochę kwaskowy.

Nie bez pewnej więc słuszności dwutlenek nazywany bywa też często kwasem węglowym. Pod tą nazwą jest on bodaj nawet lepiej znany szerszej publiczności. Właściwie jednak nie jest on kwasem, bo nie zawiera wodoru, który, jak to należy pamiętać, obecny jest zawsze we wszystkich kwasach i który właśnie powoduje kwaśne własności. Dopiero po rozpuszczeniu w wodzie dwutlenek staje się kwasem, choć co-prawda bardzo słabym i nietrwałym.

Dowodzi to, że podczas rozpuszczania dwutlenek łączy się z wodą na związek nowy — **kwas węglowy**, w którym już jest obecny wodór, pochodzący z wody. Możemy sobie to uzmysłowić zapomocą wzoru:



W rzeczywistości kwas taki istnieje, lecz jest bardzo nietrwały i słaby i łatwo zpowrotem rozpada się na dwutlenek węglowy i wodę:



Właściwie istnieje on dopóty, dopóki dwutlenek jest w wodzie rozpuszczony, a gdy się z wody ulotni, to nie ma już i kwasu.

Widzimy zatem, że pomiędzy kwasem a dwutlenkiem węglowym jest duża różnica i że dwutlenek dopiero po przyłączeniu wody staje się kwasem. Takich związków, które stają się kwasem dopiero po złączeniu się z wodą, jest więcej; nazywamy je **bezwodnikami kwasów**. Dwutlenek węglowy może być nazwany bezwodnikiem kwasu węglowego, albo po prostu bezwodnikiem węglowym.

55. **Tlenek węglowy.** Zdarza się dość często, że pierwiastek tworzy z tlenem nie jeden, lecz dwa lub więcej nawet związków. Różnią się one wtedy tem, że jedna i ta sama ilość pierwiastka łączy się z rozmaitemi ilościami tlenu, t. j. powstają związki uboższe i bogatsze w tlen. Ponieważ wszystkie te związki są tlenkami, więc trzeba je odróżnić zapomocą nazw, któreby wskazywały odrazu zachodzące pomiędzy nimi różnice.

Węgiel, spalając się zupełnie w tlenie, tworzy gaz, który nazwaliśmy dwutlenkiem węglowym. Jest to związek, w którym węgiel związany jest już z największą ilością tlenu. Prócz



tego istnieje jeszcze i **tlenek węglowy**, t. j. związek uboższy w tlen, bo zawierający go o połowę mniej. Różnica ta uwydatnia się dobrze w nazwach obu związków i zapomocą wzorów uwidacznia się w następ. sposób:

|                |                          |
|----------------|--------------------------|
| CO             | CO <sub>2</sub> albo COO |
| tlenek węglowy | dwutlenek węglowy        |

Tlenek węglowy jest, również jak i dwutlenek, gazem bezbarwnym, lecz różni się od niego tem, że jest gazem palnym i trującym.

Gdy węgiel, paląc się, ma dostateczny dopływ tlenu; wtedy przyłącza go tyle, że już więcej przyłączyć nie może, powstaje wówczas dwutlenek węglowy. Ale gdy tlen dopływa w ilości ograniczonej, wtedy węgiel łączy się z mniejszą jego ilością i tworzy się tlenek węglowy.

O wypadkach zaccadzenia tak zwanym gazem z pieca słyszy się dość często. Czad ten jest to głównie tlenek węglowy. Zdarza się to wtedy, gdy piece zamykane są zasuwan przed utratą ciepła (piece do drzewa) zbyt wcześnie, t. j. gdy węgiel nie przepalił się dostatecznie. Ciepło wtedy rzeczywiście nie uchodzi, ale tworzący się w piecu tlenek węglowy zamiast do komina uchodzi przez drzwiczki do mieszkania. Również należy unikać umieszczania w mieszkaniach koszyków i piecyków z żarzącym się węglem, używania żelazek do prasowania, ogrzewanych żarzącym się węglem i t. p. Obecność tlenu węglowego w powietrzu trudno jest zauważyć, gdyż nie ma on zapachu. Z tego powodu jest on niebezpieczniejszy, bo dostrzegamy obecność jego dopiero po zatruciu.

Zaccadzonych należy natychmiast wyprowadzić na świeże powietrze i zmusić do głębokiego oddechu. W razie nieprzytomności należy zastosować oddychanie sztuczne, nachylając kolejno naprzód tułów i wyciągając po kolei ręce naprzód i wtył.

**Pytania.** Wskazać poznane dotychczas wypadki tworzenia się dwutlenku węglowego. Jak otrzymać ten gaz w większej ilości? Opisać jego własności na podstawie doświadczeń. Czy można oddzielić składniki dwutlenku węgla? Jak pojmujemy rugowanie jednego pierwiastka przez drugi ze związku? Jak robi się wodę sodową? Wykażcie obecność dwutlenku węgla w powietrzu. Skąd on się tam bierze? Skąd rośliny czerpią węgiel? Opisać proces przyswajania dwutlenku przez rośliny. Jaki jest udział słońca w tym procesie? Dlaczego rośliny wydzielają również dwutlenek węgla? Co to jest kwas węglowy i czem on różni się od dwutlenku? Co nazywamy bezwodnikiem kwasu?

## XXIII. Związki kwasu węglowego

56. Wrócimy jeszcze do dwutlenku węglowego w celu poznania najważniejszych związków, w których on występuje jako składnik zasadniczy; związki te występują w przyrodzie jako ważne minerały, zwane **węglanami**, czyli solami kwasu węglowego.

Ze związków tych zapomocą odpowiednich sposobów możemy wyrugować dwutlenek węglowy. Jednym z tych sposobów jest oblanie węglanów kwasami, jak to robiliśmy z marmurem lub kredą, otrzymując gaz powyższy (str. 117); Następuje wtedy burzenie się mieszaniny wskutek wydzielania się bezwodnika węglowego, który łatwo rozpoznać zapomocą wody wapiennej.

Do węglanów najbardziej rozpowszechnionych należy węgiel wapniowy, występujący w postaci różnych odmian wapienia.

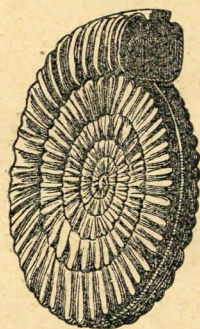
**Kalcyt** czyli **szpat wapienny** jest najpospolitszą odmianą wapieni. Jako tak zwany **wapień** albo **wapniak** tworzy całe skały i pasma górskie, albo zalega w ziemi na znacznych obszarach. Prócz węglanu wapniowego zawiera domieszkę gliny, piasku i tlenu żelazowego; dlatego też bywa zabarwiony na szaro lub najczęściej żółto i rdzawo.

**Marmury** są to również wapienie, ale znacznie czystsze i zbudowane z grubszych ziarn krystalicznych. Miewają barwę rozmałą, od zupełnie białej, przez wszystkie barwy i odcienie, aż do czarnej. Są nader cennym materiałem budowlanym i rzeźbiarskim. Zarówno wapieni zwykłych, jak i marmurów mamy w kraju naszym pod dostatkiem. Dotychczas nie jest jeszcze należycie wyzyskane wielkie bogactwo marmurów chęcińskich i czorsztyńskich, które pięknoscą barw i deseni budzą podziw znawców.

Wapienie występują u nas na wyżynie między Kielcami, Chęcinami, Bodzentynem i Sandomierzem, w pasmie Krakowsko-Wieluńskim, ciągnącym się od Krakowa do Częstochowy, w pasmie Olkusko-Bytomskim (od Olkusza do Bytomia na Śląsku Górnym) i w Karpatach. W pasmie Krakowsko-Wieluńskim leży uroczą i godną zwiedzenia miejscowość Ojców, z licznymi jaskiniami w skałach wapiennych, wypłukanymi przez wodę



Wśród wapieni zdarzają się bardzo często bryły, zawierające wielkie i małe muszle mięczaków morskich. W wapieniu częstochowskim znajdują się często wielkie, skręcone jak baranie rogi muszle skamieniałe tak zwanych **ammonitów**, które niegdyś żyły w morzach w licznych odmianach (rys. 68).

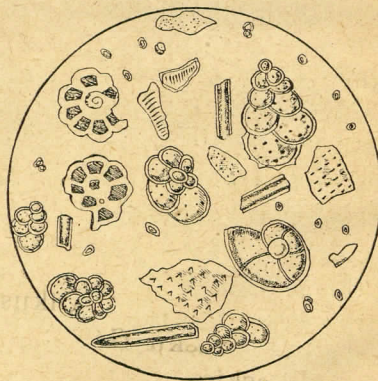


Rys. 68.  
Muszla ammonita

W wapieniach kieleckich znajdują się resztki budowli koralowych, czyli koralowin. Wnosimy stąd, że wapienie powstały na dnie morza z muszli martwych mięczaków.

Do wapieni należy również **kreda**. Tworzy się ona w morzu z mikroskopijnych pancerzyków wapiennych istot, zwanych koralonóżkami i otwornicami, należących do typu pierwotniaków. Na dno morza opada nieustannie deszcz pancerzyków martwych tych żyjątek. Chcąc je w kredzie odkryć i zobaczyć, trzeba zetrzeć kawałek kredy prawdziwej (kreda szkolna często nie jest kredą, lecz gipsem) szczerotką od zębów, utworzony proszek wypławić w wodzie, zlewając rozmącony zawieszony w cieczy pył, i osad zebrany na dnie oglądać na szkiełku przez mikroskop. Jeszcze lepiej osad ten wysuszyć i odrobinę jego na szkiełku pokryć olejem albo balsamem kanadyjskim, przykryć szkiełkiem pokrywkowym i badać (rys. 69).

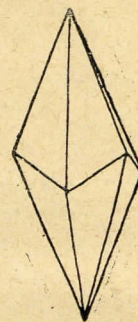
Wśród wapieni znajdujemy w szczelinach często piękne i przezroczyste kryształy, rozpuszczające się w kwasach wśród objawów burzenia. Jest to wapień krystaliczny, zwany zwykle **kalcytem** albo szpatem wapiennym krystalicznym. Z pośród minerałów krystalicznych kalcyt wyróżnia się tem, że tworzy bardzo liczne postaci krystaliczne, wśród których najczęściej zdarzają się kryształy zastrzone na obu końcach, zwane skalenoedrami (rys. 70), oraz tak zwane romboedry (rys. 71). Pył kredowy widziany przez mikroskop



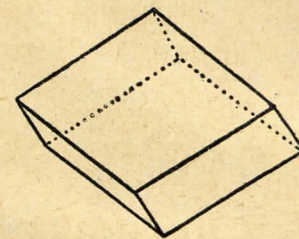
Rys. 69.

Zupełnie przezroczyste kryształy kalcytu załamują podwójnie promienie świetlne; jeśli np. patrzymy przezeń na napis lub rysunek, to widzimy je dwukrotnie. Takie odmiany kalcytu nazywamy wapieniem dwójłomnym.

57. Wszystkie odmiany wapieni pod względem chemicznym są do siebie podobne i różnią się tylko czystością, t. j. zawartością różnych obcych domieszek. Wszystkie składają się z węglanu wapniowego, czyli związku metalu wapnia z kwasem węglowym; zawierają przeto pierwiastki węgiel, tlen i wapń. Sposób wykazania obecności dwutlenku węglowego w wapieniach jest nam już znany, trudniej jest przekonać się o obecności metalu wapnia. Metal ten łatwo łączy się z tlenem, tworząc tlenek wapniowy, znany i stosowany pod nazwą wapna palonego.

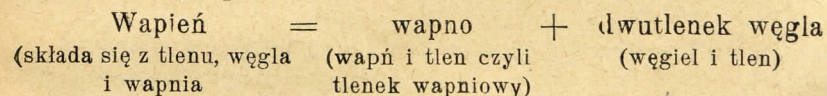


Rys. 70.  
Skalenoedr



Rys. 71.  
Romboedr

Jeżeli wapień zwyczajny albo kredę prażyć mocno w ogniu, to dwutlenek węgla uchodzi i pozostaje zwykłe wapno palone, czyli tlenek wapniowy:



Metal wapń nie wydziela się tu w stanie czystym, gdyż łączy się zaraz z tlenem. Doświadczenie to nie udaje się w płomieniu spirytusowym, gdyż ten daje zamało ciepła. Łatwo jednak można wypalić wapień na wapno pod blachą kuchni na węglu kamiennym. Wypalanie wapieni stosuje się na wielką skalę do wyrobu wapna i odbywa się w piecach, zwanych wapiennikami.

Oblewając trochę wapna palonego na misce wodą zauważymy po chwili, iż rozpada się ono na proszek, rozgrzewa się bardzo mocno i wydziela parę wodną. Proces ten nazywa się gaszeniem czyli lasowaniem wapna. Jest to proces chemiczny podczas którego wapno łączy się z wodą chemicznie, tworząc wapno gaszone, zwane wodorotlenkiem wapniowym; nie to dziwne, gdyż nowy ten związek będzie się składał teraz już z trzech pierwiastków: wapnia, tlenu i wodoru. Zmie-



szane z piaskiem i gliną, wapno gaszone daje **zaprawę mularską** do sklejanja cegieł i kamieni podczas budowy.

Ponieważ wapienie składają się z wapna i dwutlenku węglowego, gdyż rozkładają się one w ten sposób od ogrzewania, to i odwrotnie, wnosić można, że przez połączenie obu tych składników powinniśmy wapien otrzymać. Można to rzeczywiście stwierdzić zapomocą doświadczenia. W tym celu do roztworu wapna w wodzie, a więc do wody wapiennej, przepuszczajmy dwutlenek węglowy; woda męci się białą, a po chwili wypada z niej osad białego proszku. Proszek ten to nic innego jeno węglan wapniowy, a więc związek podobny do wapienia. Jeśli ciecz przesączymy i zebrany na sączku proszek oblejemy kwasem, powstaje burzenie wskutek wydzielania się dwutlenku wapniowego. Teraz więc zrozumieć możemy dostatecznie reakcję, odbywającą się podczas działania dwutlenku na wodę wapienną, o której już tylokrotnie była mowa poprzednio.

Prócz wapieni istnieją jeszcze inne węglany, mające swych przedstawicieli wśród minerałów. Np. węglan magnezowy, zawiera metal magnez, znany nam już z poprzednich doświadczeń. Mineral ten nazywa się **magnezytem**.

**Galman.** Ważnym minerałem jest galman czyli węglan cynkowy. U nas galman znajduje się w skałach pasma Olkusko-Bytomskiego koło Olkusza, Sławkowa, Siewierza i inn. Z galmanu dobywają metal cynk, mający obszerne zastosowanie (zob. str. 65). Galman krystalizuje się w postaci romboedrów (rys. 71) i bywa zabarwiony żółto.

**Syderyt.** Również w postaci romboedrów krystalizuje się mineral syderyt, czyli węglan żelazawy, składający się z żelaza i kwasu węglowego. Kryształy zabarwione są żółto lub brunatno. Syderyt jest ważną rudą żelazną.

Do węglanów należy też **malachit**, czyli węglan miedziowy. Wyróżnia się swą piękną zieloną barwą.

**Pytania.** Jakie związki tworzy węgiel z tlenem? Kiedy one się tworzą, jakie są ich własności i zachodzące między nimi różnice? Co to są węglany i w jaki sposób można je poznać i odróżnić od innych minerałów? Co to jest wapien i jakie są jego odmiany? Wskazać pochodzenie wapieni? Czem różni się kreda od wapienia zwykłego? Jakie kryształy tworzy kalcyt? Jak otrzymuje się wapno palone? Co to jest wapno palone i czem ono różni się od wapienia? Na czem polega proces gaszenia wapna?

Wskazać sposoby wydzielania dwutlenku węglowego z węglanu wapniowego. Objasnić działanie dwutlenku węglowego na wodę wapienną. Jakie węglany inne istnieją wśród minerałów? Jakie własności chemiczne mają wszystkie węglany? Wypalić kilka kawałków wapienia na wapno, zlasować je, zrobić wodę wapienną i zaprawę mularską.

## XXIV. Związki węgla z wodorem

58. Bardzo dużo związków tworzy też węgiel z wodorem. Związki te nazywamy **węglowodorami**. Najprostszym węglowodorem jest **metan**, zwany też **gazem błotnym**. Nazwa ta daje do myślenia, że gaz ten tworzy się w błotach. W istocie, w bagnach i trzęsawiskach oraz w wodach stojących, w których na dnie butwieją i rozkładają się odumarle rośliny i liście drzew, często widzieć można unoszące się na powierzchnię bańki gazu. Jeśli zamieszać kijem na dnie wody, bańki bulgoczą obficie. Jest to gaz błotny, dobywający się z wody. Tworzy się on skutkiem rozkładu materji roślinnej (błonnika), która zawiera węgiel, wodór i tlen. Część węgla łączy się z wodorem wody i uchodzi w postaci metanu. Równocześnie uchodzą też bańki dwutlenku węglowego, bo część węgla łączy się też i z tlenem.

Metan jest to gaz bezbarwny, składający się z wodoru i węgla; skład jego chemicy wyrażają przez wzór  $\text{CH}_4$  (albo  $\text{C H H H H}$ ). Jest lżejszy od powietrza. Pali się doskonale płomieniem nieświecącym, blade niebieskawym, podobnym do wodorowego. Jakie ciała tworzą się podczas palenia się tego gazu i w jaki sposób je stwierdzimy?

Metan często znajduje się w kopalniach węgla, gdzie dobywa się z rozbijanych warstw i brył i uchodzi, mieszając się z powietrzem. Nazywają go też **gazem kopalnianym**. Jest on niebezpiecznym wrogiem górnika. Wprawdzie, choć nie podtrzymuje oddychania, lecz nie jest trujący i domieszką jego w powietrzu płucom nie szkodzi. Jednakże, zmieszany z powietrzem, tworzy mieszaninę piorunującą, wybuchającą gwałtownie po zapaleniu się od płomienia. A ponieważ niema zapachu, więc obecność jego w powietrzu nie łatwo daje się stwierdzić.

Gaz ten był i wciąż bywa przyczyną ciężkich katastrof, niszczących kopalnie i pozbawiających życia górników. To też w kopalniach nie wolno zapalać płomienia, a górnicy używają lampki, wynalezionej przez chemika angielskiego **Davyego**



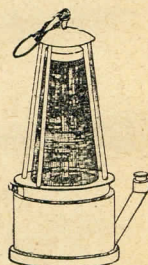
w r. 1807. Jest to zwykła lampa olejowa, otoczona cylindrem z cienkiej i dostatecznie gęstej siatki drucianej (rys. 72). Siatka ta studzi płomień na tyle, że gazy palne nie mogą się zapalić nazewnątrz lampy. Siatka rozgrzana jest o wiele słabiej niż płomień i temperatura jej nie wystarcza do zapalenia gazów. W mieszaninie piorunującej lampa ta nie powoduje wybuchu; gaz coprawda przenika przez siatkę swobodnie, lecz zapala się tylko wewnątrz lampy i płomień nie rozprzestrzenia się poza siatkę. Jednakże gdy tylko górnik zauważy wewnątrz siatki niebieskawy płomień gazu, natychmiast powinien opuścić miejsce niebezpieczne, gdyż skutkiem dłuższego palenia się gazu siatka wreszcie rozgrzewa się na tyle, że przestaje być zaporą dla dalszego rozprzestrzeniania się płomienia.

58. Prócz metanu istnieje bardzo dużo węglowodorów. Jedne z nich są również gazami, inne cieczami, inne wreszcie ciałami stałymi. Wszystkie one składają się tylko z węgla i wodoru, połączonych z sobą w rozmaitych stosunkach ilościowych.

Wspomniemy jeszcze o jednym z węglowodorów gazowych, znanym bardziej z nazwy i użytku, mianowicie o **acetylenie**, którego skład wyrażają przez wzór  $C_2H_2$ . Gaz ten płonie świetnym płomieniem i dlatego bywa używany do oświetlania. Dobywa się go zwykle z **karbidu**, czyli **węglika wapniowego** — związku węgla z metalem wapniem. W tym celu karbid oblewa się wodą w specjalnych lampach; wtedy wydziela się acetylen. Węgiel w acetylenie pochodzi z karbidu, wodór zaś z wody. Acetylen czysty ma zapach dość miły, aromatyczny; obrzydliwy zapach, który czujemy zwykle w pobliżu lamp acetylenowych pochodzi od zanieczyszczeń, obecnych w karbidzie (związki fosforu).

Wszystkie węglowodory są palne, a najlepszym dowodem tego jest nafta, która jest właśnie mieszaniną różnych ciekłych węglowodorów. Nafta zaś otrzymuje się z **oleju skalnego**, zwanego pospolicie **ropą naftową**, która jest mieszaniną wszystkich węglowodorów — gazowych, ciekłych i stałych.

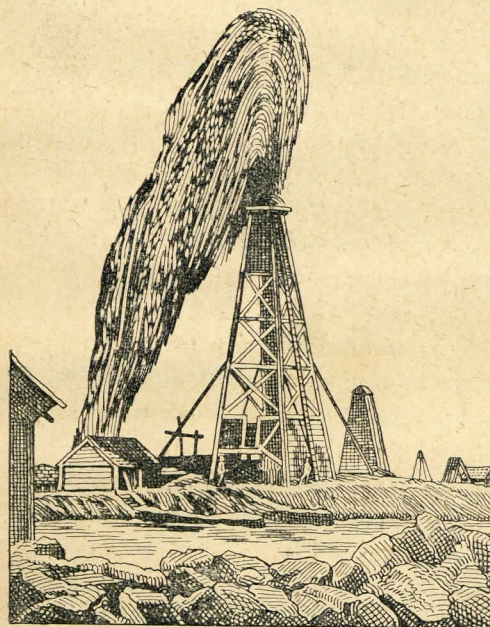
Ropa naftowa jest cieczą gęstą, lżejszą od wody, o barwie ciemno-brunatnej z odcieniem niebieskawym lub



Rys. 72.  
Lampa Davyego

zielonkawym, zapachu naftowym, jakby trochę przypalonym i zbliżonym do czosnkowego. Występuje w ziemi i stąd jej przynależność do świata minerałów. Często wydziela rozpuszczone w niej węglowodory gazowe. Pod naporem tych gazów ropa dąży szczelinami do góry i dobywa się na powierzchnię ziemi, tworząc źródła naftowe. Zdarza się też, że w pobliżu kopalni nafty dobywają się z ziemi olbrzymie ilości gazów palnych, które można rozprowadzać rurami do użytku w okolicy. U nas gazy takie występują w okolicy Borysławia.

Obecnie ropę dobywa się zwykle z otworów wierconych w ziemi, nieraz bardzo głębokich (przeszło 1000 metrów). Często przez otwory takie ciśnienie gazów wypycha istne fontanny naftowe (rys. 73).



Rys. 73.  
Fontanna naftowa

Największe tereny naftowe znajdują się w Ameryce półn., na Kaukazie (okolice Baku), u nas w Galicji w Karpatach i na Podkarpaciu (Borysław, Schodnica, Tustanowice i inne), wreszcie w Rumunji.

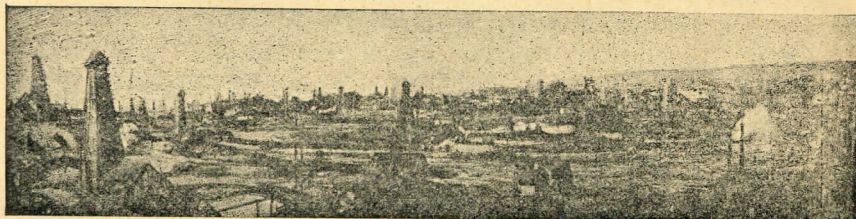
Na rys. 74 widzimy widok Borysławia z licznymi wieżami wiertniczymi naftowymi.

Powstanie ropy naftowej w przyrodzie jest sprawą niezmiernie ciekawą. Niektórzy uczeni sądzą, że powstała ona z tłuszczu nagromadzonych w dawnych epokach szczątków ryb morskich drogą suchej destylacji. Inni przypuszczają, że pochodzenie swe zawdzięcza ona roślinom.

Ropa, jako mieszanina rozmaitych węglowodorów, nie może mieć jednostajnych własności fizycznych i chemicznych, bo każdy węglowódor własności te ma odrębne. Np. węglo-

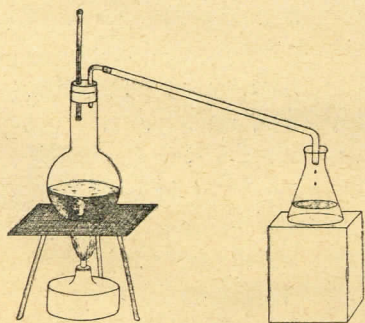


wodory różnią się między sobą odmiennymi temperaturami wrzenia i topnienia. Ogrzewając ropę w kolbce destylacyjnej



Rys. 74. Widok Borysławia

z osadzonym w korku termometrem (rys. 75.), stwierdzimy, że zaczyna wrzeć już w temperaturze około  $30^{\circ}\text{C}$ , a uchodzącą równocześnie parę możemy skroplić zapomocą chłodnicy lub długiej rurki szklanej, nasadzonej na rurkę kolby. Destyluje się ciecz bezbarwna i lotna, którą zbieramy w osobnej kolbce, zwanej odbieralnikami.



Rys. 75.

W miarę ogrzewania temperatura wrzenia wciąż wzrasta. Aż do  $150^{\circ}\text{C}$  otrzymujemy ciecz przezroczystą, potem dopiero nieco żółto zabarwioną, żółtą, pomarańczową, czerwoną i wreszcie czarną; równocześnie zwiększa się też gęstość cieczy. Po oddestylowaniu nafty (powyżej  $300^{\circ}\text{C}$ ) destylują się rozmaite oleje, używane do smarowania

maszyn lub też przerabiane na parafinę, służącą do wyrobu świec i wazelinę, używaną do maści.

Na tej zasadzie odbywa się przeróbka ropy naftowej w przemyśle. Przy destylacji ropy otrzymuje się **eter naftowy** (ogrzewanie do temp.  $60^{\circ}$ ), **benzyna** (do  $150^{\circ}$ ), **nafta**, (do  $300^{\circ}$ ) i wspomniane oleje. Czarny, gęsty jak maź **olej cylindrowy** używa się do smarowania cylindrów u maszyn parowych.

Każdy z tych wytworów jest jeszcze mieszaniną różnych węglowodorów.

Oparty na destylacji i stopniowym oddzielaniu destyla-

tów sposób oddzielania różnych ciał z mieszaniny nazywa się **destylacją rozdzielczą, albo cząstkową**.

Prócz ropy naftowej na terenach ropodajnych występuje w ziemi również **ozokeryt** czyli **wosk ziemny**. Jest to ciało stałe zbliżone do wosku pszczelego, barwy żółto-brunatnej, o woni stęchłej. Składa się również z węglowodorów. Wyrabiają z niego **cerezynę**, używaną do wyrobu świec, masy do nabłyszczania podłóg i t. d. Obficie występuje w Borysławiu koło Drohobycza, w Truskawcu, Dźwiniaczu i Staruni koło Nadworny.

Tereny naftowe w kraju naszym są wielkim i ważnym jego bogactwem naturalnym, a przerabianie węglowodorów kopalnych stanowi obszerną gałąź naszego przemysłu.

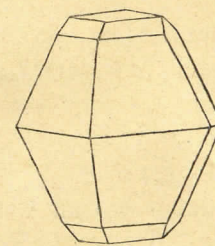
**Pytania.** Co to są węglowodory? Co to jest metan i jakie są jego własności? Dlaczego nie wolno w kopalniach palić ognia? Z czego otrzymujemy acetylen, co to jest i jakie ma własności? Co to jest ropa naftowa? Gdzie ona występuje i jak ona powstała w przyrodzie? Co otrzymuje się z ropy i w jaki sposób ją się przerabia? Co to jest destylacja cząstkowa? Zmieszać wodę ze spirytusem i poddać destylacji cząstkowej w celu oddzielenia spirytusu, uważnie śledząc stan termometru.

## XXV. Siarka

60. Siarka należy do pierwiastków, które występują w przyrodzie nie tylko w postaci związków, lecz również w stanie wolnym, czyli rodzimym. Ponieważ siarka rodzima znajduje się w skorupie ziemskiej w różnych miejscach, więc zaliczamy ją do minerałów. Jest minerałem krystalicznym i występuje często w postaci kryształów pięknie wykształconych (rys. 76), przezroczystych, barwy kanarkowo-żółtej.

W Polsce siarka znajduje się w kilku miejscowościach: w Czarkowej nad Nidą, w okolicach Staszowa i Proszowic dobywają siarkę zmieszaną z gipsem i gliną; znajduje się też na terenach naftowych w Truskawcu i Dźwiniaczu. Przez kilkaset lat istniały kopalnie siarki w Swoszowicach w Galicji. Najbogatsze i najstawniejsze kopalnie siarki istnieją na Sycylii. Stamtąd pochodzi prawie wszystka siarka handlowa.

Siarka sycylijska dobywa się z ziemi w postaci zbitych mas krystalicznych, a jeśli jest zmieszana



Rys. 76  
Postać kryształów  
siarki

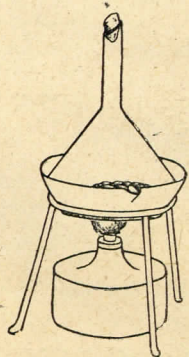


z ziemią, jak siarka polska, to należy ją wytopić przez ogrzewanie. Siarka topi się w temperaturze około  $114^{\circ}$ , jest krucha i daje się utrzeć na proszek; w wodzie się nie rozpuszcza.

Jeżeli siarkę stopioną wylać do zimnej wody, to zastyga ona na masę ciągnistą i plastyczną, podobną do gumy lub żywicy. Dopiero po kilku dniach ta siarka plastyczna samodzielnie przeistacza się na zwykłą.

Przy mocnem ogrzewaniu (do  $445^{\circ}$ ) siarka zamienia się na parę siarkową.

Para siarki, stykając się z przedmiotami zimnemi, zgęszcza się na drobne kryształki. Jest to osobliwe z tego względu, że para nie zgęszcza się przedtem na ciecz, lecz odrazu na ciało stałe, a więc z pominięciem ciekłego stanu skupienia. Taki proces nazywamy **sublimowaniem** albo **przestalaniem**. W ten sposób można siarkę oczyszczać, bo zanieczyszczenia nie mogą się sublimować i zostają na miejscu.



Rys. 77.

Chcąc przesublimować siarkę, trochę jej w miseczce porcelanowej, przykrytej lejkiem (rys. 76), ogrzewamy lampką dotąd, aż siarka zacznie parować. Para zgęszcza się na ścianach lejka na drobne kryształki. Otwór lejka najlepiej zatkać koreczkiem z bibuły. Siarka sublimowana nazywa się kwiatem siarczanym; stopiona ponownie, bywa odlewana w formy cylindryczne i idzie do handlu jako siarka laseczkowa.

Siarka nie ma żadnego zapachu. Ogrzana mocno lub zapalona, zaczyna łączyć się z tlenem i płonie niebieskim płomieniem, wydzielając zapach duszący, jak mówią, zapach „spalonej siarki“. Nie jest to już zapach siarki, lecz gazu, który tworzy się podczas łączenia się jej z tlenem. Zapach posiadać mogą tylko ciała gazowe, gdyż one tylko przenikać mogą do nosa. Zresztą nie wszystkie ciała gazowe mają zapach i nie na wszystkie powonienie jest jednakowo wrażliwe.

Tworzący się przy spalaniu siarki gaz nazywa się **dwutlenkiem siarkowym**, a jego skład chemiczny wyraża się przez wzór  $\text{SO}_2$  (siarkę oznacza się symbolem S od nazwy łacińskiej sulfur). Jest to gaz i bezbarwny; chcąc go poznać bliżej, spalamy w butelce lub w cylindrze zupeł-

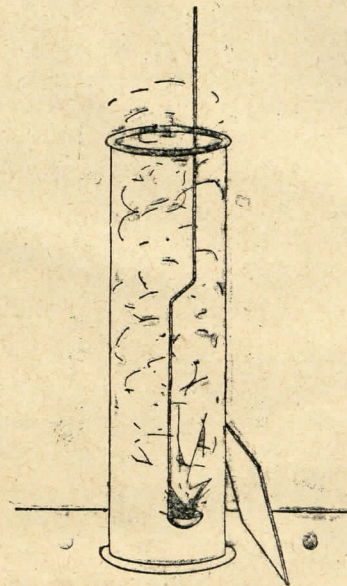
nie suchym trochę siarki na łyżeczce blaszanej (rys. 78) i natychmiast zatykamy korkiem lub przykrywamy płytką szklaną. Dolawszy do naczynia trochę wody, zatykamy otwór korkiem lub dłonią i mocno skłócamy. Przy odtykaniu naczynia do wewnątrz wdzierają się z sykiem powietrze. Dowodzi to, że obecny w naczyniu gaz rozpuścił się w wodzie, ciśnienie więc wewnątrz zmniejszyło się i większe ciśnienie zewnętrzne wtłacza powietrze do naczynia. Dwutlenek siarkowy chciwie rozpuszcza się w wodzie.

Jeżeli wodny roztwór gazu spróbować na język, odczuwamy smak kwaśny. Roztwór ten jest rzeczywiście kwasem. Wszystkie kwasy mają zwykły smak kwaśny, ale rozpoznawanie chemiczne kwasów polega nie na badaniu ich smaku, lecz odbywa się innym sposobem, o którym będzie mowa w rozdziale następnym. Jednak już parokrotnie wspomnieliśmy, że kwaśne swe własności zawdzięczają kwasy wodorowi, który muszą zawierać.

Dwutlenek siarkowy składa się z siarki i tlenu ( $\text{SO}_2$ ), wodoru więc nie zawiera. Staje się on kwasem dopiero po rozpuszczeniu w wodzie. Musimy przeto wnosić, że gaz ten łączy się z wodą chemicznie, tworząc związek nowy, który nazywamy **kwasem siarkawym**. To łączenie się możemy wyrazić zapomocą równania:

dwutlenek siarki + woda = kwas siarkawy.

Ponieważ dwutlenek siarkowy staje się kwasem siarkawym dopiero po przyłączeniu wody, przeto bardzo często bywa nazywany po prostu bezwodnikiem siarkawym. W nazwie „bezwodnik“ mieści się więc to pojęcie, że po przyłączeniu wody wytwarza on odpowiedni kwas, który po odjęciu wody daje z powrotem bezwodnik.



Rys. 78.



Wystarcza powąchać bezwodnik siarkowy, ażeby stwierdzić, że jest to gaz dla płuc szkodliwy. Działa on zabójczo na istoty żyjące. Węgiel kamienny zawiera drobne ilości siarki i dlatego w dymie obecna jest niewielka ilość dwutlenku siarkowego. Lecz i ta ilość wystarcza, ażeby dym zabójczo działał na rośliny. Ogrody i lasy w pobliżu fabryk często ulegają zniszczeniu. Również i gaz oświetlający z tychże względów jest dla roślin szkodliwy; tam, gdzie palą się lampy gazowe nie można hodować roślin. Często widzieć można w miastach drzewa przedwcześnie zmarniałe w sąsiedztwie lamp gazowych ulicznych.

Zabójcze działanie dwutlenku siarkowego na rośliny zużytkowano praktycznie do odkażania piwnic w winiarniach. W piwnicy spala się funt siarki, a utworzony gaz zabija wszystkie pleśni, osiadłe na ścianach i beczkach. Niesumienni handlarze używają kwasu siarkowego do utrwalania mięsa, co wszakże jest surowo wzbronione.

Niezmiernie ciekawą własność dwutlenku siarkowego poznamy, pogrążając w cylinderku nim napełnionym na drucikach drobne kwiatki barwne lub ich płatki. Kwiatki stopniowo bledną i po chwili całkowicie się odbarwiają. Odbarwiająca własność tego gazu została zastosowana do bielenia włókien, mianowicie wełny i jedwabiu. Wiemy ze słyszenia, że do bielenia zwykle używają chloru. Otóż chlorem bielić można tylko włókna roślinne, wełnę i jedwab niszczy on i dlatego używa się do nich bezwodnika siarkowego.

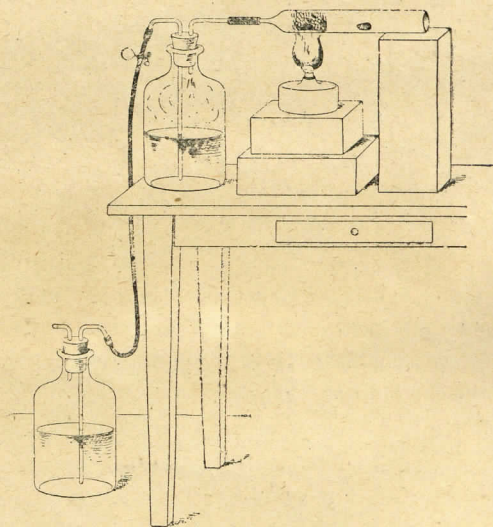
61. Siarka, podobnie jak węgiel, należy do pierwiastków, które tworzą z tlenem dwa rozmaite związki. Prócz dwutlenku tworzy ona również trójtlenek siarkowy— $\text{SO}_3$ . Gdy jednak tlenek i dwutlenek węglowy tworzą się przy bezpośrednim spalaniu się węgla w powietrzu, to siarka, czy to spalana w powietrzu, czy też w tlenie czystym, zawsze tworzy tylko dwutlenek siarkowy. Dopiero po dłuższem stykaniu się dwutlenku z powietrzem przyłącza on jeszcze więcej tlenu i powstaje bardzo mała ilość trójtlenku siarkowego.

Sposób ten nie ma żadnego znaczenia praktycznego, a ponieważ otrzymywanie trójtlenku siarkowego jest rzeczą bardzo ważną, gdyż służy on do wyrobu kwasu siarkowego, więc z czasem wynaleziono sposób, przyspieszający łączenie się dwutlenku siarkowego z tlenem. Stwierdzono, że gdy

dwutlenek siarkowy przepuszczać wraz z powietrzem przez rurę z rozgrzanymi kawałkami szkła, porcelany, tlenku żelazowego, a szczególnie przez platynę subtelnie rozdrobnioną, to wtedy tworzy się trójtlenek siarkowy. Przytem ciała powyższe żadnej zmiany nie ulegają i mogą przemienić dowolną ilość dwutlenku na trójtlenek. Związki lub ciała takie, które przyspieszają reakcję chemiczną, a same przytem żadnej zmiany nie ulegają, nazywają się **katalizatorami**.

Powyższy sposób otrzymywania trójtlenku, a z niego kwasu siarkowego znany jest w przemyśle pod nazwą sposobu „kontaktowego“ (t. j. przez zetknięcie). Mając trochę katalizatora platynowego<sup>1)</sup>, można stwierdzić doświadczalnie tworzenie się trójtlenku siarkowego. Udaje się to również z tlenkiem żelazowym, jako katalizatorem.

W rurce szklanej (rys. 79) umieszczamy w jednym końcu warstwę katalizatora i ogrzewamy lampką, przepuszczając równocześnie za pomocą naszego gazomierza (rys. 42) wolny strumień powietrza. Następnie wsuwamy do rury kawałek zapalonej siarki; spala się ona na dwutlenek siarkowy, który, stykając się z platyną łączy się z tlenem i tworzy trójtlenek siarkowy. Wciągany do butli, trójtlenek staje się widoczny w postaci gęstej, białej mgły; tutaj rozpuszcza się w wodzie i tworzy **kwas siarkowy**.



Rys. 79.

<sup>1)</sup> Można go otrzymać, przez napojenie pumeksu drobno potłuczonego roztworem wodnym chlorku platynowego i wyprażenie w płomieniu.



Tworzenie się tego kwasu, podobnie jak kwasu siarkowego, odbywa się przez łączenie się trójtlenku siarkowego z wodą:

trójtlenek siarkowy + woda = kwas siarkowy.

Z tych samych względów trójtlenek siarkowy nazywa się również **bezwodnikiem siarkowym**.

Bezwodnik siarkowy może być otrzymany w stanie czystym; tworzy on wtedy białą, podobną do śniegu masę. Z wodą łączy się skwapliwie, wydzielając znaczną ilość ciepła; tworzy się wtedy kwas siarkowy, który ma wygląd gęstej cieczy oleistej przezroczystej i bezbarwnej. Często jednak kwas siarkowy zabarwiony bywa brunatno, a nawet czarno; pochodzi to stąd, że przedostają się doń cząstki substancyj organicznych, które zwęglają się w kwasie, a wtedy wydzielone cząstki węgla wywołują wspomniane zabarwienie kwasu.

Roztwór 1 części kwasu w 4 częściach wody nazywa się kwasem rozcieńczonym. Przyrządzamy go, dolewając zawsze kwas małemi porcjami do wody i mieszając pręcikiem szklanym. Jeżeliby postąpić odwrotnie, t. j. nalać wody do kwasu, to mieszanina ogrzewa się nagle tak mocno, że powstaje znaczna ilość pary, która, rozprężając się, powoduje rodzaj wybuchu. Jest to niebezpieczne, gdyż kwas siarkowy dotkliwie parzy i niszczy substancje organiczne.

**Pytania.** Co to jest siarka? Obejrzyjcie siarkę kopalną i opiszcie jej własności jako minerału. Gdzie siarka występuje w Polsce i gdzie w innych krajach? Wskazać własności siarki fizyczne i chemiczne. Jak tworzy się dwutlenek siarki i jakie ma on własności? Jak jest jego zastosowanie praktyczne? Co to jest sublimacja i jak się ona odbywa? Wskażcie ciało, któreby pod tym względem zachowywało się podobnie do siarki. Jak tworzy się kwas siarkowy? Objaśnić nazwę „bezwodnik”. Jaka jest różnica między bezwodnikiem siarkawym i siarkowym? Jak otrzymuje się trójtlenek siarkowy i kwas siarkowy?

## XXVI. Kwasy, zasady, sole

62. Coś-niecoś o kwasach było już mówione w różnych miejscach. Dowiedzieliśmy się już o nich następujących szczegółów: 1) kwasy mają smak kwaśny, 2) zawierają wodór związany z innymi pierwiastkami, 3) wydzielają ten wodór pod działaniem metali, np. cynku.

Do szybkiego i pewnego rozpoznania kwasów używa się zwykle barwnika niebieskiego, zwanego **lakmusem**, otrzymy-

wanego z pewnego gatunku roślin. Zwykle przyrządza się **papierki lakmusowe**, czyli wąskie paski bibuły białej, napojonej wodnym roztworem lakmusu niebieskiego. Papierek niebieski lakmusowy, zanurzony w roztworze jakiegokolwiek kwasu, natychmiast **czzerwienieje**. Chcąc więc rozpoznać, czy jakiś roztwór jest kwasem, badamy go zapomocą papierka lakmusowego. A jeżeli kwas jest ciałem stałym, to wprzód należy go rozpuścić w wodzie; z kwasów takich wymienić można cytrynowy, winowy, szczawiowy. Są to kwasy organiczne, tworzące bardzo ładne kryształy.

Własności kwasów ujawniają się wtedy, gdy kwasy rozpuszczone są w wodzie. I smak kwaśny kawałka kwasu cytrynowego rozpoznajemy na języku dlatego, że rozpuszcza się on cokolwiek w ślinie, a więc najpierw tworzy roztwór.

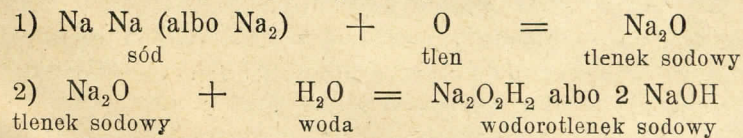
Zdolność czerwienienia niebieskiego papierka lakmusowego nazywamy **reakcją kwaśną**, a o wszystkich ciałach, które zdolność tę okazują, mówimy że mają **reakcję kwaśną**.

Dotychczas poznaliśmy lepiej kwasy, węglowy (str. 123), siarkawy i siarkowy, a ich reakcję kwaśną sprawdzić możemy zapomocą papierka lakmusowego. Wszystkie te kwasy powstają z odpowiednich tlenków, które nazwaliśmy bezwodnikami, przez połączenie ich z wodą:

Dwutlenek węglowy i woda ( $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ) = kwas węglowy ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ )  
 Dwutlenek siarkowy i woda ( $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ) = kwas siarkawy ( $\text{H}_2\text{SO}_3$ )  
 Trójtlenek siarkowy i woda ( $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ ) = kwas siarkowy ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )

Tlenki powyższe, jako dające początek kwasom, nazywamy tlenkami kwasowymi. Ponieważ są to tlenki pierwiastków niemetalicznych, czyli metaloidów, przeto wnosimy, że tlenki metaloidów dają po rozpuszczeniu w wodzie kwasy.

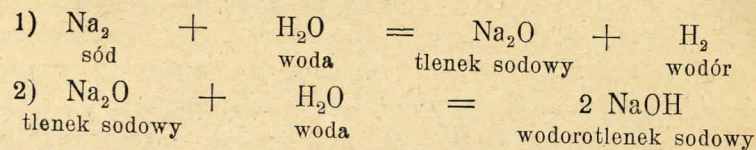
63. Zbadajmy teraz tlenki innych jeszcze pierwiastków. Spalmy w tlenie kawałek metalu potasu lub sodu i utworzony tlenek rozpuścimy w wodzie. Reakcję, jaką przytem się odbywa, chemicy wyrażają zapomocą równania:



Przypomnijcie sobie, że metal, sól i potas tak pożądlwie łączą się z tlenem, że palą się nawet w wodzie, odbiera-



jąc jej tlen. Zamiast spalania sodu w tlenie można go od razu spalić w wodzie, co doprowadzi do tego samego wyniku. Przekonywują o tem reakcje następujące:



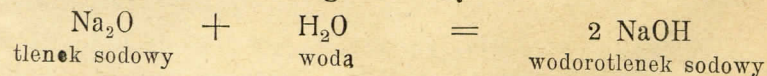
Zbadajmy teraz na języku smak otrzymanego roztworu. Stwierdzimy smak gryzący i ostry, ale nie kwaśny, lecz zbliżony do mydlanego. Również i między palcami roztwór wydaje się śliski jak mydło. Własności te przypominają ług, otrzymywany przez rozpuszczenie w wodzie popiołu **drzewnego** i przecedzenie roztworu. Zróbmy najlepiej sami trochę takiego ługu popielnego i zbadajmy jego własności. Kobiety wiejskie ługu takiego używają do prania, zużytkowując bardzo pożytecznie popiół, gromadzący się pod blachą pieców kuchennych.

Z powyższego względu wodny roztwór tlenu sodowego nazywamy ługiem sodowym. Otóż ten ług sodowy już niema własności kwaśnej. Zanurzony w niem papierek lakmusowy niebieski nie zmienia się wcale. Ale jeżeli zanurzymy w ługu papierek zaczerwieniony od kwasu, to jego barwa czerwona natychmiast zamieni się zpowrotem na niebieską.

Związki, które mają zdolność niebieszczenia papierka lakmusowego czerwonego nazywamy **zasadami**, a ten sposób ich działania nazywamy reakcją **zasadową** albo **alkaliczną**.

Chcąc zbadać, czy jakiś związek jest zasadą, rozpuszczamy go w wodzie i badamy, czy roztwór niebieszczy czerwony papierek lakmusowy; i zasady bowiem własności swe zdradzają również tylko w roztworach wodnych.

Podobnie do sodu i potasu zachowują się również i pewnej inne pierwiastki metaliczne, t. j. tworzą one tlenki, które po rozpuszczeniu w wodzie dają wodne roztwory zasad. I tutaj jednak, ażeby zasada mogła się wytworzyć, tlenek metalu musi się chemicznie połączyć z wodą; przykładem tego jest łączenie się tlenu sodowego z wodą:



Z tlenu metalicznego i wody tworzy się związek nowy

— zasada — nazywany wodorotlenkiem dlatego, że zawiera i wodór i tlen. Obydwa ostatnie pierwiastki związane są z sobą w grupę OH, nazywaną **grupą wodorotlenową**. A tak, jak kwasy cechują się zawsze obecnością wodoru i jemu zawdzięczają kwaśne swe własności, tak grupa wodorotlenowa cechuje zasady i ona to właśnie ich zasadowe własności powoduje.

Zasady można otrzymywać w stanie czystym. Jeżeli otrzymany roztwór ługu sodowego odparować w parownicy porcelanowej, to pozostanie stała masa krystaliczna wodorotlenku sodowego.

64. Próba z papierkiem lakmusowym okazuje, że kwasy i zasady mają własności wręcz sobie przeciwne: papierek lakmusowy, zaczerwieniony od kwasu, zasada zpowrotem niebieszczy i przeciwnie. Zasady więc i kwasy znoszą nawzajem swoje działanie. Chcąc np. usunąć kwaśne własności kwasu, można dodawać zasady. Wlejmy np. do szklanki trochę rozcieńczonego kwasu siarkowego, od paru kropel roztworu lakmusu kwas zabarwi się czerwono. Dolejmy teraz dużo roztworu zasady, np. wodorotlenku sodowego i zamieszajmy obie ciecz; kwas zniknie z roztworu, który zabarwi się niebiesko. Teraz będzie w roztworze przeważała zasada.

Wykonajmy teraz jeszcze jedno doświadczenie z kwasem solnym. Jest to najprostszy i bajbardziej znany kwas, który poznamy jeszcze później.

Trochę rozcieńczonego kwasu solnego nalewamy do szklanki i dodajemy kilka kropel roztworu lakmusu. Do czerwonego roztworu dodajemy po trochu niezbyt mocnego roztworu wodorotlenku sodowego (który przyrządzamy, rozpuszczając 3—4 gr. kupnego wodorotlenku w 100 cm. sz. wody) i za każdym razem zawartość szklanki mieszamy starannie pręcikiem. Postępując tak ostrożnie i stale zmniejszając dodawane porcje roztworu zasady, osiągniemy wkońcu tę chwilę, że mieszanina w szklance zaczyna się barwić niebiesko. Trzeba uchwycić tę chwilę, w której barwa niebieska zaledwie się utrwali; gdyby bowiem dolać nadmiaru zasady, to w roztworze będziemy mieli zasadę, a o to nam bynajmniej nie idzie. Dążymy tylko do tego, ażeby z roztworu usunąć kwas. To samo nastąpi, jeżeli postępować odwrotnie t. j. do roztworu zasady dolewać kwasu.

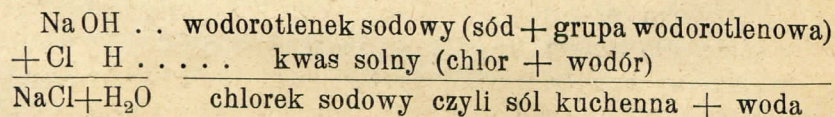
W otrzymanym roztworze właściwie nie powinno być ani kwasu ani zasady. Papierek lakmusowy niebieski nie powinien



wykazywać reakcji kwaśnej, lecz również i papierek czerwony nie może wykazywać reakcji alkalicznej, t. j. nie powinien niebieszczeć. Podobne działanie roztworu, t. j. ani kwaśne ani zasadowe, nazywa się **reakcją obojętną**, a związki, które w ten sposób reagują — **obojętnymi**.

Widzimy zatem, że działając na kwasy zasadami albo przeciwnie, zobojętniamy je nawzajem. Czynność taka nazywa się **zobojętnianiem**.

Spróbujmy teraz smak otrzymanego roztworu obojętnego; niema on już smaku kwaśnego ani gryzącego, lecz słony. Wyparowawszy roztwór na miseczce porcelanowej stwierdzimy, że pozostaje ciało stałe w postaci drobnych kryształków; są one bezbarwne, gdyż ich barwa fioletowa lub czerwona pochodzi tylko od obecności lakmusu. Kryształki te — to sól kuchenna, tworząca się podczas zobojętniania kwasu solnego wodorotlenkiem sodowym. Łatwo to stwierdzimy po jej smaku słonym. Tworzenie się soli podczas reakcji zobojętniania wytłomaczyć można na piśmie w sposób następujący:



Wodór kwasu łączy się z grupą wodorotlenową zasady, tworząc wodę, pozostałe zaś reszty obu związków — sól zasady i chlor kwasu — łączą się z sobą, tworząc sól. W podobny sposób przebiegają reakcje zobojętnienia wszelkich innych kwasów zasadami lub odwrotnie, tak iż jako regułę ogólną przyjmujemy, iż podczas zobojętniania zawsze tworzy się **sól i woda**.

Oczywiście, iż nie zawsze tworzy się sól kuchenna. Sól kuchenna utworzyła się przy zobojętnianiu kwasu solnego i metalu sodu. Nazwa chemiczna soli tej będzie **chlorek sodowy**. Sole kwasu solnego nazywamy **chlorkami**, część przymiotnikowa nazwy tworzy się od nazwy metalu, wchodzącego w skład soli. Jeżeli zobojętniamy kwas siarkowy wodorotlenkiem potasowym, utworzy się woda i sól potasowa kwasu siarkowego, czyli siarczan potasowy.

Należy zapamiętać, że sól zawsze składa się z metalu i reszty jakiegoś kwasu; np. poznany na początku niebieski siarczan mie-

dziowy jest solą zawierającą metal miedź i resztę kwasu siarkowego; chlorek sodowy składa się z metalu sodu i części kwasu solnego, czyli reszty tego kwasu.

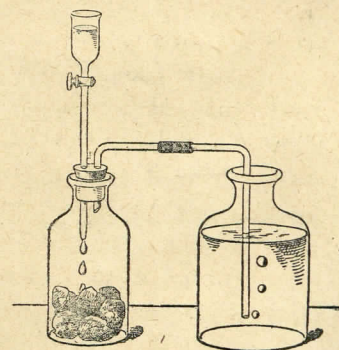
**Pytania.** Jakimi własnościami wyróżniają się kwasy? Jak kwasy można szybko rozpoznać? Jakie znacie tlenki kwasowe? Jak z nich otrzymuje się kwasy? Co to są zasady? Jak otrzymuje się ług do prania i jaką on ma reakcję? Czem cechują się wszystkie zasady? Jaka jest różnica między zasadami i kwasami w działaniu i składzie chemicznym? Co się stanie, jeśli mieszać kwasy z zasadami? Co to jest reakcja obojętna? Ile jest rodzajów reakcji? Jak zobojętnić kwas, a jak zasadę? Objaśnić przebieg zobojętnienia i wskazać, jakie ciała przytem się tworzą. Z czego składają się sole i jak one się tworzą? Do czego służą wzory chemiczne i co one wyrażają?

## XXVII. Siarkowodór i siarczki naturalne

**65.** Poznamy obecnie związek siarki z wodorem, czyli **siarkowodór**. Otrzymując ten związek i robiąc z nim próby, lepiej odrazu ulokować się na powietrzu lub w miejscu dobrze przewiewnym, gdyż ma on woń obrzydliwą.

Siarkowodór jest gazem i możemy go otrzymać w przyrządzie, używanym do dobywania wodoru (str. 79). Umieszczamy w butelce trochę potłuczonego na kawałki siarczku żelaza. Jest to czarny, twardy, jak kamień związek, składający się z żelaza i siarki —  $\text{FeS}$ . Jeśli oblać go kwasem mocnym, np. siarkowym lub solnym, to natychmiast zaczyna się wydzielać siarkowodór, który poznajemy po obrzydliwej woni zgniłych jaj. Ażeby nie otrzymywać odrazu dużej ilości tego cuchnącego gazu, najlepiej jest kwas wpuszczać do butelki z siarczkiem żelaza kroplami z małego lejka z kurkiem szklanym, jak pokazano na rys. 80.

W jajach i mięsie, a nawet i w wielu roślinach znajduje się białko, zawierające siarkę. Podczas gnicia łączy się z wodorem wody i powstaje siarkowodór. Możemy więc powiedzieć, że zepsute jaja czuć siarkowodorem.



Rys. 80.



Zamiast w powietrze puszczamy gaz z przyrządu przez rurkę do wody; wtedy też zobaczymy, że bąbelki gazu giną, gdyż rozpuszcza się on w wodzie. Roztwór taki nazywa się **wodą siarkowodorową**, która ma i zapach i wiele innych własności siarkowodoru. Często też używamy jej w doświadczeniach zamiast samego gazu. Otrzymana przez nas woda siarkowodorowa posłuży nam później do innych doświadczeń.

Tworzenie się siarkowodoru z kwasu i siarczku odbywa się w ten sposób, że wodór kwasu łączy się z siarką siarczku żelaza; żelazo pozostałe łączy się z resztą kwasu, tworząc sól chlorek żelaza:

siarczek żelaza + kwas solny = siarkowodór + chlorek żelaza  
(żelazo i siarka) (wodór i chlor) (siarka i wodór) (żelazo i chlor)

Widzimy z doświadczenia, że siarkowodór jest gazem bezbarwnym, rozpuszczalnym w wodzie. Możemy już naprzód przypuszczać, że jest to gaz palny, gdyż jego składniki—siarka i wodór—każdy z osobna są palne. W istocie, jeśli zbliżymy do otworu rurki zapalną, siarkowodór zapali się i będzie płonął płomykiem niebieskim. Podczas zapalania siarkowodoru trzeba zachować te same ostrożności co i przy wodorze, gdyż tworzy on z powietrzem mieszaninę piorunującą (ust. 36).

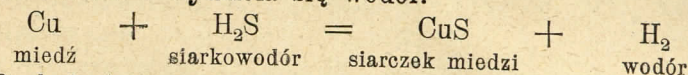
Jakie wytwory powstają podczas palenia się siarkowodoru? Na to pytanie odpowiedzieć łatwo, pamiętając o tem, z jakich pierwiastków gaz ten się składa.

Obecność siarki w siarkowodorze wykazać bardzo łatwo: jeżeli nad otworem rurki z płonącym siarkowodorem potrzymać zimną parowniczkę porcelanową, to wskutek oziębienia siarka nie zdąży się spalić i osiada na parownicy w postaci żółtawego nalotu. Coś podobnego dostrzegamy, trzymając w płomieniu świecy parowniczkę lub kartkę białego papieru: niespalony węgiel osadza się na zimnych powierzchniach.

W szczególny sposób siarkowodór działa na metale. Zbliżywszy do otworu rurki, przez którą gaz uchodzi, świeżo oczyszczoną monetę miedzianą. Natychmiast powleka się ona nalotem niebiesko-czarnym; miedź, łącząc się z siarkowodorem, tworzy czarny siarczek miedzi. Czernieje również moneta srebrna skutkiem tworzenia się siarczku srebrnego. Słysze-liście zapewne, że łyżeczki srebrne czernieją przy używaniu ich do jedzenia jajek; powoduje to siarkowodór, tworzący się w bardzo niewielkiej ilości podczas gotowania jaj. Inne me-

tale, jak żelazo, ołów, cyna tworzą z siarkowodorem również siarczki, lecz nie zawsze barwy czarnej; np. cynk tworzy siarczek biały, kadm—żółty, srebro—brunatny, antymon—pomarańczowy i t. d.

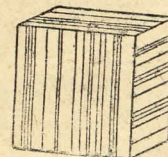
Podczas działania siarkowodoru na metale tworzy się siarczek metalu i wydziela się wodór:



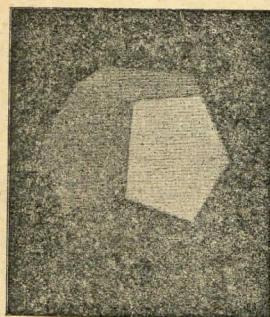
Reakcja ta przypomina zupełnie otrzymywanie wodoru z kwasu pod działaniem cynku (ust. 36). Siarkowodór zachowuje się więc jak kwas. Można się o tem przekonać, badając papierkiem lukmusem otrzymaną poprzednio wodę siarkowodorową: niebieski papier lekko się w niej czerwieni.

Jako kwas, siarkowodór z metalami tworzy sole, które nazywamy **siarczkami**. Siarczki mają różną barwę, dzięki czemu można odrazu rozpoznać, jaki metal w siarczku się znajduje; np. łatwo odróżnić brunatny siarczek srebrny od czarnego miedziowego lub żółtego kadmowego. Dzięki tej własności zapomocą siarkowodoru można wykrywać w roztworze związki metali i rozpoznawać, jakie metale zawierają. Najlepiej się o tem przekonamy, rozpuszczając osobno różne sole w wodzie, i wpuszczając do roztworu siarkowodór.

Podczas doświadczeń z siarkowodorem należy unikać wdychania tego gazu, gdyż jest trującym; szczególnie zabójczym jest on dla ptaków.



Rys. 81.  
Kryształ pirytu



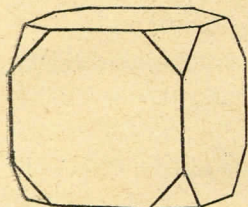
Rys. 82.  
Dwunastościan pięciokątny

66. Licznych przedstawicieli siarczków znajdujemy wśród minerałów; najważniejsze z nich omówimy kolejno.

**Piryt żelazny** jest przedstawicielem grupy siarczków, oznaczonych nazwą ogólną **pirytów**. Są to połączenia siarki z metalami spokrewnionymi z żelazem (żelazo, nikiel, kobalt). Piryt żelazny jest jednym z najpospolitszych minerałów, a że występuje niemal wszędzie w skorupie ziemskiej, więc też przez górników żartobliwie nazwany został



„Jaśkiem Wszędobylskim“. W glinach i piasku widzimy go nieraz w postaci łuseczek barwy złocistej lub mosiężnej, co jest powodem, iż nieświadomi uważają go za złoto. Na bryłach węgla kamiennego bardzo często widzieć można także złociste łuseczki pirytu. Błyszczą one nieraz również w całych skupieniach na obnażonych powierzchniach skał. Często też występuje pirit w obfitych skupieniach jednolitych, z barwy i twardości podobnych do metalu żółtego, a wśród nich nieraz znaleźć można również i jego kryształy. Mają one postać sześciianu pokreskowanego (rys. 81) albo też dwunastościanu pięciokątnego (rys. 82).



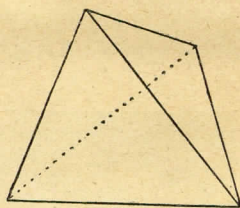
Rys. 83.  
Kombinacja sześcianu  
z ośmiościanem

Chcąc wykazać obecność siarki w pirycie, ogrzewamy trochę minerału pokruszonego w rurce szklanej otwartej z obu końców. Pirit żarzy się i płonie, wydzielając dwutlenek siarkowy, który poznajemy po zapachu.

Okruchy pirytu ogrzewamy w probówce nad płomieniem lampki, a po ostygnięciu oblewamy kwasem solnym: wydziela się siarkowódór, który poznajemy po zapachu, albo też po tem, że papierek zwilżony roztworem soli ołowiu lub srebra i zbliżony do otworu próbówki natychmiast czernieje.

Z innych piritów na uwagę zasługuje **pirit miedziany**, zawierający prócz żelaza jeszcze miedź.

**Błyszcz ołowiany czyli galena** jest siarczkiem ołowiu. Mineral ten znany jest oddawna z powodu świetnego połysku i doskonałej łupliwości; barwę ma ołowiano szarą. Bryłka galeny krystalicznej, uderzona twardym przedmiotem łupie się na drobne części, z których każda ma postać sześciianu. Galena tworzy kryształy sześciennie, często z poobtrącaniami narożami (rys. 83), albo też kryształy ośmiościenne (rys. 13); pierwsze są to kryształy, w których sześciian i ośmiościan występują w połączeniu wspólnym. Takie połączenia odmiennych postaci występują wśród kryształów bardzo często i nazywane są **postaciami złożonemi** albo **kombinacjami**.

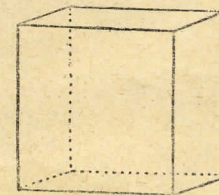


Rys. 84.  
Czworościan

Galenę łatwo rozpoznać można prócz połysku i łupliwości również i po znacznym ciężarze, zawiera bowiem ołów i służy do otrzymywania tego metalu. Prócz tego zawiera nieznaczną domieszkę srebra. W Polsce galena znajduje się pod Olkuszem, Chęcunami i Kielcami. W Karczówce pod Kielcami w kościółku Świętej Barbary znajduje się figura Najświętszej Panny wykuta z bryły galeny, znalezionej w tych okolicach.

Galena jest przedstawicielem grupy siarczków, zwanych **błyszczami**. Należy do nich też **błyszcz miedziany**, składający się z miedzi i siarki oraz **błyszcz srebrny** czyli **argentyt**, będący siarczkiem srebrnym.

**Blenda cynkowa** należy do trzeciej grupy siarczków, zwanych **blendami**. Jest to siareczek cynkowy. Mineral ten, uważany niegdyś za bezużyteczny, obecnie służy do wytopienia cynku. Wygląd zewnętrzny blendy bywa bardzo rozmaity; zdarzają się kryształy prawie bezbarwne i przezroczyste o doskonałym połysku diamentowym, albo też żółtawe, ciemno-brunatne, aż do prawie ciemnych i nieprzezroczystych. Zależy to od domieszki żelaza oraz innych metali. Kryształy blendy mają postać ośmiościanów, częściej czworościanów (rys. 84) i dwunastościanów (rys. 62). Blenda jest krucha, łupie się bardzo dobrze na dwunastościany. U nas blenda znajduje się obok galeny w Olkuskim oraz w Księstwie Krakowskim: w Wodnej i Trzebionce.



Rys. 85.  
Sześciian

Do blend należy też **cynober**, czyli siareczek rtęci. Ma on piękną barwę czerwoną i bywa używany jako trwała i dobra farba do malowania. Znajduje się w Almadenie w Hiszpanji.

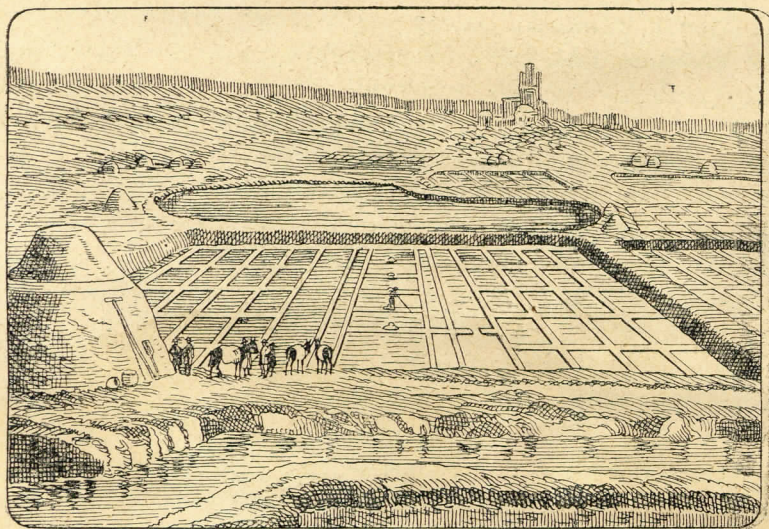
**Pytania.** Z czego otrzymywać można siarkowódór? Dlaczego w tym celu używamy kwasów? Jakie własności ma siarkowódór? Jakie związki powstają podczas palenia się siarkowodoru? Jak stwierdzić obecność siarki w siarkowodorze? Napiszcie równanie chemiczne dla reakcji otrzymania siarkowodoru z siarczku żelaza i kwasu solnego. Jak siarkowódór działa na metale? Co to są siarczki? Jakie siarczki poznaliśmy wśród minerałów? W jaki sposób te minerały mogły powstać w przyrodzie?

## XXVIII. Chlor i związki chlorowe

67. Doskonale wszyscy znacie sól kuchenną, używaną do solenia pokarmów. Należy ona do ciał najbardziej rozpowszechnionych.



szechnionych w przyrodzie i do minerałów najpospolitszych. Mamy ją na każdym kroku: w powietrzu unosi się wraz z pyłem; bezbarwny płomień gazowy lub spirytusowy, poruszany w powietrzu, zażółca się, gdyż wpadają w niego drobniutkie cząstki soli, unoszące się wraz z pyłem. Żółte zabarwienie płomienia jest własnością metalu sodu, obecnego w soli. Odrobina soli znajduje się w ziemi i w wodzie rzecznej i studziennej. Obficie natomiast występuje sól w wodzie morskiej i w ziemi, w postaci warstw i pokładów, skąd dobywana jest sposobem górniczym. Z tego względu nazywana też bywa solą kamienną.



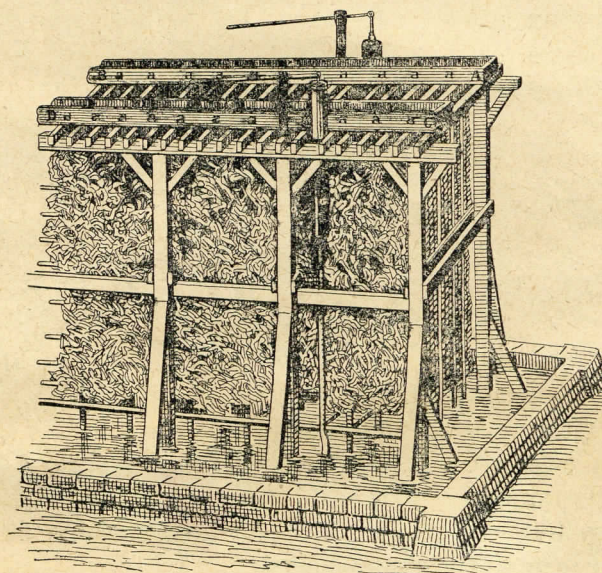
Rys. 86.  
Dobycie soli morskiej

Sól kamienna jest ciałem krystalicznym i krystalizuje się w postaci regularnych sześciątów (rys. 85.), łupiących się od uderzenia na drobne sześciaki. Kryształy soli zupełnie czyste są przezroczyste i bezbarwne; często jednak sól bywa zabarwiona zielonkawo i żółtawo przez obce domieszki lub zanieczyszczona ziemią. Zdarzają się też kryształy, pięknie zabarwione niebiesko i czerwono skutkiem obecności bardzo małej ilości subtelnie rozpylonych cząstek metalu sodu.

Najczęściej sól zalega w ziemi w postaci masy zbitej, t. j. składającej się z pozlepianych, drobnych ziarn krystalicznych,

a czasem i włókien. W wodzie sól kamienna rozpuszcza się bardzo dobrze. Z roztworu nasyconego na gorąco można otrzymać drobne kryształki soli (zob. ust. 7) lub pozlepiane z nich lódeczki.

Chociaż w ziemi znajdują się olbrzymie pokłady soli, to jednak główne jej ilości występują w wodzie morskiej. Również i sól, zalegająca w ziemi, osadziła się z mórz, istniejących niegdyś. Przeciętnie woda morska zawiera 3,5% soli. W krajach nadmorskich sól dobywają z wody przez odparowanie. Na wybrzeżu poziomem urządzone są niezbyt głębokie zbior-



Rys. 87.  
Tężnia

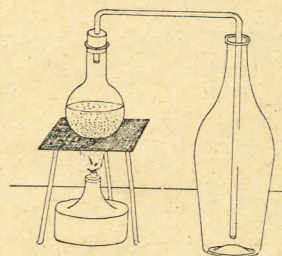
niki, napełniane wodą morską (rys. 86). Pod działaniem słońca i powietrza woda paruje, a sól gromadzi się na dnie i stąd jest wygarniana. W krajach zimnych sól dobywają przez wymrażanie. Zamarzaniu podlega tylko woda, sól zaś gromadzi się stopniowo pod lodem. Lód z wierzchu usuwa się, woda zamarza znów i w ten sposób po wielokrotnym wymrożeniu pozostaje gęsty ług solny, z którego sól czystą otrzymuje się przez krystalizację i odparowanie.

Istnieją też źródła słone wśród lądu stałego. Np. u nas w Ciechocinku oraz w Inowrocławiu mamy solanki, z których



dobycia soli zapomocą tężni i warzenia. Tężnie są to budowle z chróstu do 20 łokci wysokości i kilkuset łokci długości (rys. 87), na które pompuje się wodę zapomocą wiatraków. Stąd woda kapie na dół po prętach chróstu, parując na powietrzu dzięki wielkiej powierzchni wody ściekającej. Pozostaje stężony roztwór, który spływa do zbiornika dolnego i jest potem odparowywany w kotłach. Solanki ciechocińskie zawierają ponadto trochę jodu i dzięki temu mają własności lecznicze. Solanki nie eksploatowane na sól mamy też w Busku i Solcu w ziemi Kieleckiej; są to znane miejscowości lecznicze.

Najwspanialsze i najstarsze są słynne na cały świat nasze kopalnie soli w Wieliczce i w Bochni pod Krakowem.



rys. 88.

Najczystsza sól, jaką tam dobywają, nazywa się **szybikową**. Sól **spiżowa** jest już cokolwiek zanieczyszczona piaskiem, gliną i skorupkami wapieniami zwierząt morskich. Najbardziej zanieczyszczona jest sól **sól zielona**. Olbrzymie kopalnie soli znajdują się w Stassfurcie pod Magdeburgiem w Niemczech. W sól obfituje też

Rossja, mało zaś jej posiadają Francja i Włochy.

Sól jest minerałem niezmiernie pożytecznym, nie mówiąc już o jej użyciu do solenia i utrwalania pokarmów. W przemyśle używana jest do wyrobu kwasu solnego, chloru, sody, metalu sodu i barwników. Śmiało rzec można, że jest ona podstawą przemysłu chemicznego.

68. Omawiając reakcje zobojętniania kwasu solnego wodorotlenkiem sodowym (ust. 64) nadmieniliśmy, że powstaje przytem sól kuchenna. Sól kuchenna składa się więc z sodu i chloru i jest chlorkiem sodowym, t. j. solą sodową kwasu solnego. Najlepszym dowodem tego będzie, jeżeli z niej otrzymamy zpowrotem **kwas solny**.

W tym celu sól kuchenną (około 25 g.) ogrzewamy z mocnym kwasem siarkowym (ok. 50 g.) w kolbie szklanej, zatkaanej korkiem z osadzoną w nim rurką (rys. 88). Już po lekkim ogrzaniu zaczynają się wydzielać bąbelki gazu i przenikają stopniowo do podstawionej butelki otwartej. Gaz jest cięższy od powietrza, wypełnia więc butelkę od dna, a gdy ją napełni całkowicie, zaczyna wydostawać się nazewnątrz;

wtedy u otworu butelki zjawia się biała mgła. Zbliżony do mgły niebieski papier lakmusowy czerwienieje; ma więc ona reakcję kwaśną.

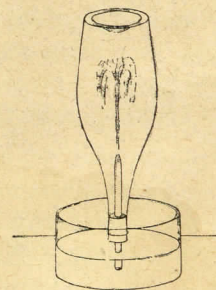
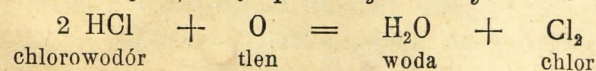
Mgła tworzy się dlatego, że gaz chciwie pochłania z powietrza wodę, więc drobne jej kropelki zgęszczają się przy zetknięciu z gazem na mgłę widoczną. Jeśli zatkać butelkę korkiem z osadzoną w nim krótką rurką szklaną i obróciwszy, zanurzyć rurkę w wodę, zabarwioną lakmusem niebieskim, to woda tryska rurką do wnętrza butelki; gdy bowiem pierwsze krople wody dostaną się do wnętrza, gaz rozpuszcza się w nich obficie; w butelce więc tworzy się próżnia i ciśnienie zewnętrzne wciąga wodę do środka (rys. 89). Barwa niebieska wody natychmiast zmienia się na czerwoną, co dowodzi kwaśnej reakcji roztworu.

Wodny roztwór gazu powyższego jest to **kwas solny**, sam zaś gaz jest to **chlorowodór**, czyli związek, składający się z wodoru i chloru, a skład jego wyraża się przez wzór HCl.

Kwasem solnym albo chlorowodorowym nazywamy przeto wodny roztwór chlorowodoru 69. Z obu składników chlorowodoru nie znamy tylko jeszcze **chloru**.

Rozumie się, iż pierwiastek ten otrzymać możemy albo z chlorowodoru, albo też z soli kuchennej. Chcąc go otrzymać z kwasu solnego, ogrzewamy w kolbie surowy (nieoczyszczony) kwas solny z braunsztynem (dwutlenek manganowy, MnO<sub>2</sub>), albo też sól kuchenną z kwasem siarkowym i braunsztynem. Do zwykłego zapoznania się z chlorem wystarczy jednak ogrzanie drobnych ilości tych substancji w próbówce. Wydziela się gaz barwy żółto-zielonkawej (chloros po grecku zielony) o zapachu bardzo ostrym i trującym. Większych ilości chloru nie można otrzymywać w pokoju zwykłym, tylko na dworze lub w laboratorium chemicznym pod kapą.

Reakcja otrzymywania chloru z chlorowodoru polega na tem, że odejmuje się chlorowodorowi wodór za pośrednictwem tlenu z braunsztynu, więc pozostaje wolny chlor:



Rys. 87.



Chlor jest gazem  $2\frac{1}{2}$  razy cięższym od powietrza, zbiera się więc na dnie butelki. Pierwiastek ten skwapliwie łączy się z wieloma metalami. Listki złota sztucznego (jest to przeważnie miedź), wrzucone do butelki z chlorem, płoną i dymią. Metal antymon sproszkowany spala się bardzo energicznie. Reakcje te są dobrym przykładem tego, że płomień zjawiać się może nie tylko podczas palenia się ciał w tlenie. Związki metali z chlorem, jakie tworzą się podczas tego, nazywają się chlorkami.

Chlor łączy się też chciwie z wodorem. Jeżeli napełnić jeden cylinder wodorem, a drugi chlorem i następnie zetknąć je otworami, ażeby gazy się zmieszały, to otrzymamy mieszaninę piorunującą chlorową. Rozłączywszy obydwa cylindry, przykrywamy je płytkami szklanymi. Jeden z nich owijamy ściereczką i zbliżamy otworem do płomienia: następuje wybuch i obydwa gazy łączą się na chlorowodór; u otworu cylindra zjawia się gęsta mgła kwasu solnego.

Jeżeli mieszaninę gazów wystawić na działanie promieni słonecznych wybuchu ona natychmiast tak jak i poprzednio. W ciemności wodór łączy się z chlorem bardzo wolno.

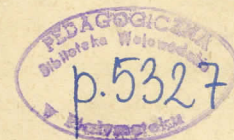
Chlor posiada również ważną własność niszczenia barwników organicznych i dlatego stosowany jest do bielenia tkanin i włókien. Barwne gałganki wilgotne lub kwiaty odbarwiają się w chlorze. To działanie chloru związane jest z obecnością wody i polega na tem, że chlor odbiera wodzie wodór i łączy się z nim na chlorowodór, tlen zaś uwalnia się i on to właściwie niszczy, czyli utlenia barwniki organiczne. Widzimy więc, że chlor działa tutaj pośrednio. Podobnie działa też znany powszechnie chlorek bielący, który otrzymuje się przez nasycenie wapna chlorem gazowym.

Do chloru zbliżone są pod względem własności trzy inne pierwiastki: **brom, jod i fluor**. Cała ta grupa pierwiastków nazwana została **chlorowcami**, gdyż tworzą z innymi pierwiastkami związki te same co i chlor. Żaden z nich również nie występuje w przyrodzie w stanie wolnym, lecz tylko w postaci soli. Najbardziej znanym z nich jest jod, znajdujący się w nieznacznej ilości w wodzie morskiej w postaci jodku sodowego. Pewne gatunki wodorostów pochłaniają jod z wody morskiej, a po spaleniu ich pozostaje popiół, z którego otrzymuje się jod.

Jod jest ciałem stałym, tworzy kryształy tabliczkowate barwy ciemno-fioletowej o połysku metalicznym. W wodzie rozpuszcza się bardzo słabo, dobrze zaś w alkoholu; taki roztwór 10%-owy nazywa się **jodyną**.

Niezmierznie ciekawa własność jodu jest ta, że roztwory jego w najmniejszych ilościach wodnego roztworu krochmalowego powodują piękne niebieskie zabarwienie. Reakcja ta daje możność wykrywania krochmalu (np. w mleku, śmietanie i t. d.) zapomocą jodu, albo też jodu zapomocą roztworu krochmalowego. Chcąc taki roztwór otrzymać, należy odrobinę krochmalu rozmącić z wodą zimną i wlać do wody wrzącej. Zamiast roztworów jodu można używać jodyny. Próbkę, w której się poszukuje krochmalu zawsze trzeba przed dodaniem jodyny zagotować; dobrze też jest dodać parę kropel kwasu solnego.

**Pytania:** Co to jest sól kuchenna? Jaka jest nazwa chemiczna tego związku? Czy można sól kuchenną otrzymać sztucznie? Gdzie sól kuchenna występuje w przyrodzie? W jaki sposób powstały pokłady soli w ziemi i gdzie one występują? Jakie są sposoby dobywania soli? Obmyślcie praktyczny sposób oczyszczenia brudnej soli kuchennej i wykonajcie to praktycznie. Dlaczego często spotykamy sól brudną i zanieczyszczoną? Jak można z soli wydzielić kwas solny i co to jest za związek? Opisać własności tego związku. Jakie pierwiastki wchodzi w skład kwasu solnego? Jakie własności ma pierwiastek chlor? Jakie związki chlorowe znacie lub możecie wymienić ze słyszenia?





# T R E Ś Ć

|                                                   | str.    |
|---------------------------------------------------|---------|
| I. O ciałach i materji . . . . .                  | 1— 5    |
| II. O własnościach . . . . .                      | 5— 7    |
| III. Materje jednorodne i mieszaniny . . . . .    | 7—11    |
| IV. Roztwory . . . . .                            | 11—15   |
| V. Topnienie i zastyganie (krzepnięcie) . . . . . | 15—17   |
| VI. Parowanie i wrzenie. Termometr . . . . .      | 17—20   |
| VII. Stan skupienia ciał . . . . .                | 21—25   |
| VIII. O ciałach krystalicznych . . . . .          | 25—30   |
| IX. O zjawiskach . . . . .                        | 30—34   |
| X. Palenie . . . . .                              | 35—40   |
| XI. Tlen. O energii . . . . .                     | 40—48   |
| XII. Związki i części składowe . . . . .          | 48—52   |
| XIII. Pierwiastki . . . . .                       | 52—56   |
| XIV. Metale. O gęstości ciał . . . . .            | 56—66   |
| XV. Utlenianie . . . . .                          | 66—70   |
| XVI. Tlenki naturalne . . . . .                   | 70—76   |
| XVII. Wodór . . . . .                             | 76—88   |
| XVIII. Woda . . . . .                             | 88—94   |
| XIX. Azot . . . . .                               | 94—98   |
| XX. Powietrze . . . . .                           | 99—107  |
| XXI. Węgiel . . . . .                             | 107—115 |
| XXII. Dwutlenek węglowy . . . . .                 | 116—124 |
| XXIII. Związki kwasu węglowego . . . . .          | 125—128 |
| XXIV. Związki węgla z wodorem . . . . .           | 129—133 |
| XXV. Siarka . . . . .                             | 133—138 |
| XXVI. Kwasy, zasady, sole . . . . .               | 138—143 |
| XXVII. Siarkowodór i siarczki naturalne . . . . . | 143—147 |
| XXVIII. Chlor i związki chlorowe . . . . .        | 147—153 |

BIAŁYSTOKA  
 Państw. Szkoła  
 im. ZYGMUNTA AUGUSTA  
 w Białymstoku