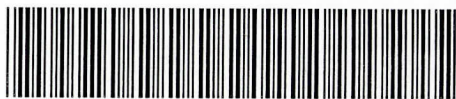


Biblioteka Pedagogiczna CEN
nr inw.: P - 6391



BC p. 6391

H. Rutkowski —

FIZYKA i CHEMJA

SZKOŁA POWSZECHNA

FIZYKA i CHEMJA

CZ. I.

DLA ODDZIAŁU VI

Z 213 ILUSTRACJAMI

NAPISALI

L. KOZIŃSKI i S. MOYCHO

WYDANIE ÓSME



NAKŁAD GEBETHNERA I WOLFFA
WARSZAWA — KRAKÓW — LUBLIN — ŁÓDŹ
PARYŻ — POZNAŃ — WILNO — ZAKOPANE



53+59(0713)

PRZEDMOWA.

Nauka fizyki i chemji w szkole powszechnej siedmio-klasowej przypada według programu ministerjalnego w oddziale VI i VII. Dla oddziału VI projektuje się pewne ustępy z fizyki, a więc o mierzeniu, cieple, magnetyzmie i elektryczności, obok zaś początkowe wiadomości z chemji, mineralogji, geologji, górnictwa, technologii chemicznej, hutnictwa oraz chemji rolniczej.

W nauczaniu fizyki i chemji, jak długoletnia praktyka przekonywa, winny się wzajemnie uzupełniać umiejętnie dobrane i należyście objaśnione doświadczenia oraz własnoręczne ćwiczenia uczniów. Zrozumiałą jest rzeczą, że te tylko szkoły zdołają się z tego zadania wywiązać, które rozporządzają wystarczającymi pomocami naukowemi, a przede wszystkim siłami nauczycielskimi, zdolnemi do zwalczania napotykaných trudności.

Przystępując do opracowania tej książki, nie zamierzaliśmy układać podręcznika wyłącznie do ćwiczeń samodzielnych ucznia. Chodziło nam o napisanie książki pożytecznej zarówno dla nauczyciela, jak i dla ucznia. Nauczyciel znajdzie w niej materiał z dziedziny zjawisk fizycznych i chemicznych, ugrupowany zgodnie z programem ministerjalnym. Chcąc przyjąć z pomocą nauczycielowi, staraliśmy się materiał ten tak opracować, aby każde zagadnienie fizyczne i chemiczne było wyjaśnione na podstawie odpowiednich doświadczeń; dobieraliśmy doświadczenia przejrzyste oraz wykonalne stosunkowo prostymi środkami. Wykonanie tych doświadczeń uważamy za konieczny i nieodwołalny warunek powodzenia nauki. Na tle

doświadczeń, wykonanych przez nauczyciela, czy też przez uczniów z pomocą nauczyciela, rozwijamy dopiero wyjaśnienia treści zjawiska. Nauczyciel winien przytem o ile możliwości pozostawić uczniom samodzielne wyciąganie wniosków z takich doświadczeń. Myślimy wszakże, że musi być jakiś sprawdzian słuszności tych wniosków; konieczne to jest i dla nauczyciela i dla ucznia. Taki sprawdzian chcemy widzieć w podanych przez nas wyjaśnieniach.

Spodziewamy się też, że na podstawie materiału, umieszczonego w tej książce, nauczyciel potrafi wybrać tematy do samodzielnych ćwiczeń uczniowskich. Tu pozostawiamy nauczycielowi swobodę. Rozumiemy, że taki wybór zależy nie tylko od jego upodobań, lecz i od warunków technicznych, któremi szkoła rozporządza.

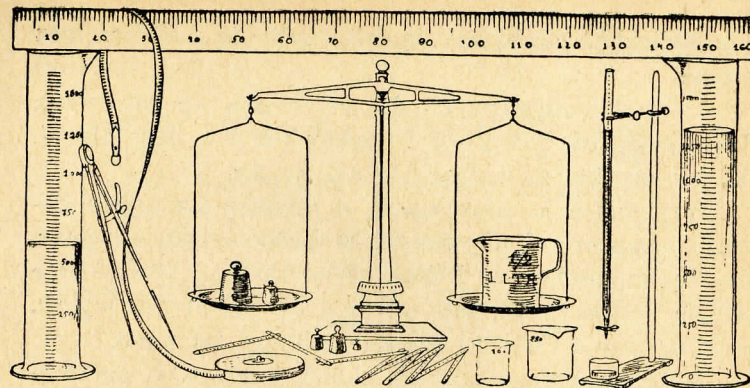
Co się zaś tyczy pożytku, jaki powinien mieć uczeń z niniejszej książki, to myślimy, że może ona spełnić tę rolę, jaką dotąd spełniała i pewno długo spełniać będzie książka do nauki szkolnej. Ma ona uprzytomnić w pamięci i wyobraźni ucznia treść lekcji odbytej w szkole, do pewnego stopnia odtworzyć ją i wreszcie utrwalić w umyśle.

W związku z tem umieściliśmy właśnie tak liczne rysunki, dotyczące zarówno strony doświadczalnej, jak i obserwacji w naturze oraz zastosowań fizyki i chemji w technice i przemyśle. Rysunki te mogą zastąpić częsty brak tablic w naszych szkołach i jeszcze niedostępniejsze dla większości uczelni powszechnych pokazy przezroczy. Tem się tłumaczy niezwykle bogata część ilustracyjna podręcznika.

Niektóre rysunki i winiety w tej książce wykonał p. Józef Korolkiewicz; inne zaś, stanowiące przeważną część działu ilustracyjnego, obmyślił i opracował p. Piotr Kosiński.

Drugi tom «Fizyki i chemji» zawiera pozostałe części fizyki, które wedle programu Ministerstwa przypadają dla oddziału VII-go.

Autorowie.



I. W S T Ę P.

MIERZENIE.

Gdy rozglądamy się naokół w otaczającej nas naturze, widzimy obok siebie przedmioty (w fizyce często nazywamy je ogólnie ciałami) najrozmaitszej wielkości, najrozmaitszego ciężaru i kształtu. Odkładając do dalszych rozdziałów poznanie różnych własności tych ciał i zmian w nich zachodzących, narazie przynajmniej winniśmy umieć porównać ich wielkość pomiędzy sobą, a osiągnąć to potrafimy tylko przez ich zmierzenie.

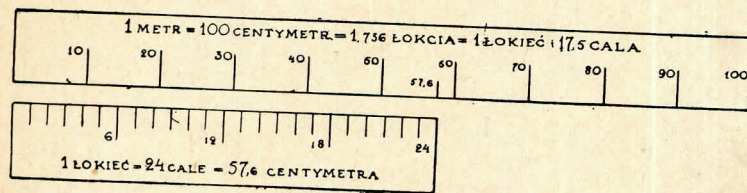
Dla wymierzenia czegokolwiek, chociażby długości pokoju lub stołu, musimy posiadać miarę, którą porównujemy np. z długością pokoju, aby się przekonać, ile razy obrona miara, czyli jednostka miary, a więc metr lub łokieć może się zmieścić w mierzonej przez nas długości. Jeśli z takiego porównania wypadło, iż 1 metr da się ułożyć 4 razy w długości pokoju, to powiemy, że długość ta wynosi 4 metry. Ta sama długość wyraziłaby

się inną liczbą, gdybyśmy ją zmierzili nie metrem, lecz łokciem.

A więc, przystępując do zmierzenia czegokolwiek, należy mieć już zawczasu wybrany ten lub inny rodzaj, albo, jak zwykle mówimy, układ miar.

W pomiarach naukowych, a również i w życiu codziennem, najwięcej używanym w Europie układem miar, który dzisiaj także i w Polsce coraz bardziej powszechne znajduje zastosowanie, jest układ miar metrycznych, obmyślony we Francji sto kilkadziesiąt lat temu.

Zasadniczą jednostką tego układu jest metr, niewiele



Rys. 1. Metr i łokieć, dziesięć razy zmniejszone.

mniejszy od naszych 2 łokci (łokieć = 0.576 metra (rys. 1)). Każde z państw, posługujących się układem metrycznym, posiada *wzorzec metra*, przechowywany w odpowiedniej instytucji państwowej, według którego może zawsze sprawdzić miary, używane we własnym kraju.

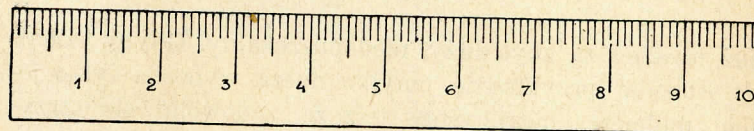
Łatwo zrozumieć, że do mierzenia zarówno wielkich długości, jak i bardzo małych, sam metr nie byłby odpowiedni. Dla wyznaczenia na przykład odległości pomiędzy Warszawą a Krakowem metr przedstawiałby jednostkę miary zbyt małą, a niezdatny byłby zupełnie przy mierzeniu grubości cienkiej blaszki lub włosa.

Z tego też powodu wprowadzono obok metra jeszcze inne miary, a mianowicie 10, 100 lub 1000 razy mniejsze,

bądź większe od niego (rys. 2). Z miar tych najbardziej używane są następujące:

Kilometr = 1000 metrów	} decymetr = 0,1 metra metr = 10 decymetrów centymetr = 0,01 metra metr = 100 centymetrów
kilometr = 0,94 wiorsty	
mila = 8,53 kilom.	
milimetr = 0,001 metra metr = 1000 milimetrów.	

Łokieć = 57,6 centymetrów; cal = 2,4 centymetrów = 24 mm.
(łokieć = 24 cale)
(pręt = 4,32 metr.).



Rys. 2. Podziałka centymetrowa, podzielona na milimetry (naturalnej wielkości).

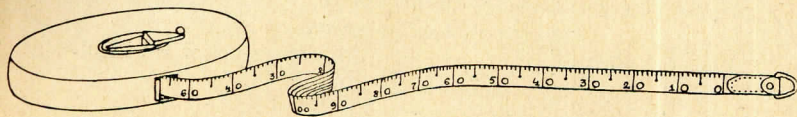
Mnożenie lub dzielenie przez 10, 100, 1000 i t. d. jest o wiele łatwiejsze, niż przez jakiegokolwiek inne liczby, ponieważ przy mnożeniu przez jedynkę z zerami wystarczy tylko dopisać z prawej strony jedno lub więcej zer, a przy dzieleniu przesunąć przecinek (patrz ułamki dziesiętne) o jedną lub więcej cyfr na lewo. A więc zamiana metrów na kilometry lub centymetry, czy milimetry, jest daleko łatwiejsza, niż np. łokci na cale, czy mile lub odwrotnie (łokieć = 24 cale; mila = około 15000 łokci).

Układ dziesiętny zatem, zastosowany, jak widzimy, w układzie miar metrycznych, jest jego największą zaletą.

MIERZENIE DŁUGOŚCI.

Pomiary większych długości najczęściej wykonywamy, używając odpowiedniej taśmy mierniczej, podzie-

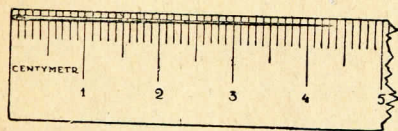
lonej na metry i decymetry, (lub centymetry) (rys. 3), albo też posługując się metrem w postaci linji z podziałką centymetrową. Przy mierzeniu długości lub wysokości pokoju omyłka o 1 cm. jest bez znaczenia, przeciwnie jednak, gdy mierząc długość zeszytu lub ołówka, omylimy się również o 1 cm., to błąd taki powinniśmy



Rys. 3.

już uważać za zbyt duży, niedopuszczalny. Gdyby jednak w ostatnim przykładzie omyłka nasza wynosiła tylko jeden milimetr, moglibyśmy jeszcze zadowolić się otrzymanym rezultatem. Łatwo również zrozumieć, że mierząc grubość włosa lub kartki papieru, powinniśmy się wystrzegać omyłki, wynoszącej nawet parę setnych milimetra.

Przykład pomiaru. Przypuśćmy, że chcemy zmierzyć długość igły (ćwieka, kawałka drutu i t. p.). Bieremy w tym celu metr podzielony na centymetry i milimetry; kładziemy na nim igłę tak, żeby jeden jej koniec przypadał dokładnie na początek pierwszego cen-



Rys. 4.

tymetra (rys. 4), a wtedy uważamy, z którą kreską podziałki milimetrowej będzie się zgadzał drugi koniec mierzonej igły. Gdyby przypadał dokładnie na trzeciej po 4-ym centymetrze kresce milimetrowej, to powiedzieliśmy, że długość igły wynosi 4 całe centymetry i jeszcze trzy milimetry, czyli razem 43 mm. (1 cm. = 10 mm.). Jak

widać z rysunku jednak, koniec igły wypada poza 43-im milimetrem, z czego wnosimy, że długość jej jest mniejsza od 44-ch milimetrów, ale większa od 43-ch.

Iglę naszą zmierzylśmy w ten sposób w przybliżeniu z dokładnością do 1 mm., bo przypuszczalnie przy takim mierzeniu nie zrobiliśmy błędu większego ponad 1 mm. Pragnąc wykonać ten pomiar z dokładnością jeszcze większą, np. do 0,1 mm., a poza tem chcąc być bardziej pewnym otrzymanego rezultatu, należałoby dopomóc naszemu wzrokowi przez użycie przyrządu, zwanego kalibromierzem, który pozwala w sposób łatwy wykonywać pomiary z dokładnością do 0,1 mm. O nim pomówimy w najbliższym rozdziale.

Ćwiczenia. 1. Zmierzyć przy pomocy metra, podzielonego na decymetry, długość i szerokość klasy, tablicy, wysokość wzrostu którego z kolegów, długość i szerokość ławki, stołu; dla takich pomiarów wyciąć pręt (możliwie prosty) o długości metra, zaznaczając na nim długość łokcia.

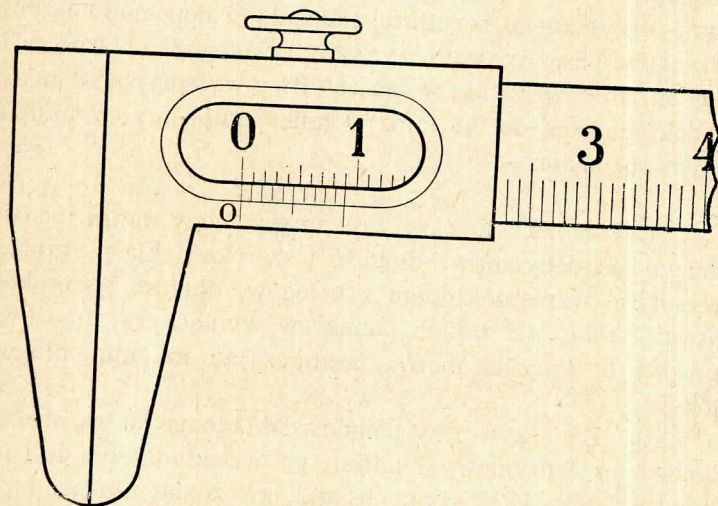
2. Zmierzyć przy pomocy dokładnego metra, podzielonego na centymetry i milimetry (z dokładnością do 1 milimetra), długość ołówka, obsadki, gwoźdźcia; długość i szerokość zeszytu i książki.

3. Zmierzyć długość własnej ręki od ramienia do końca palców, szerokość dłoni, długość swego kroku, a to dlatego, by móc i bez miarki w każdej chwili zgrubsza wiele rzeczy zmierzyć np.: długość pokoju krokami, długość płótna lub innego materiału przy pomocy ręki, a chociażby szerokość belki lub pnia szerokością naszej dłoni. Jest to, zapewne, sposób mierzenia niezbyt dokładny, a jednak nieraz, gdy chodzi o pośpiech, najzupełniej wystarczający.

4. Zaznaczyć na oko w zeszytce lub na tablicy w klasie odcinki, równe 10 cm., 20 cm., 50 cm. ($\frac{1}{2}$ metra) i 1 metr.

MIERZENIE BARDZIEJ DOKŁADNE.

Kalibromierz (suwak mierniczy). Rys. 5. W kalibromierzu widzimy 2 podziałki: jedną małą *ruchomą*, zwaną *nonjuszem*, którą można przesuwąć wzdłuż drugiej większej i *nieruchomej*. Nieruchoma zawiera zwykle centymetry i milimetry*), wymiary zaś ruchomej opierają się na następującem obliczeniu:

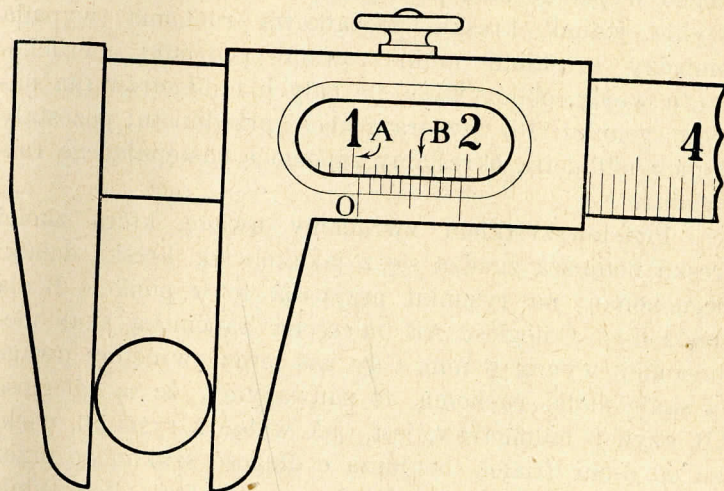


Rys. 5.

Bierzemy odcinek, równy 9 działkom skali podziałki nieruchomej, a więc o długości 9 milimetrów i, przenióśszy go na ruchomą część kalibromierza, dzielimy na 10 równych części; w takim razie każda z tych części jest równa $\frac{9 \text{ milimetrów}}{10} = 9/10$ milimetra, czyli każda działka nonjusza jest mniejsza od jednej

*) Ze względu na większą wyrazistość rysunku podziałki na kalibromierzu i mikrometrze (str. 17) zostały nieco zwiększone.

działki skali nieruchomej o 0,1 milimetra. Ten stosunek wielkości działek dwu skal należy zapamiętać. Każdy kalibromierz jest zaopatrzony w pewien rodzaj jakgdyby szczypiec, które dają się zsuwać lub rozsować. Gdy szczypce są zamknięte, wtedy początek skali ruchomej (złączonej na stałe z jedną połową szczypiec) zgadza się najzupełniej z początkiem skali nieruchomej. Pierwsze kreski tych skal, tak zwane kreski *zerowe*, przypadają na jednej linii (rys. 5).



Rys. 6.

Dla zmierzenia np. średnicy pręta metalowego lub drewnianego rozsuwamy szczypce tak, żeby chwytaly tylko bardzo lekko mierzony pręt, a wtedy patrzymy, jak daleko kreska zerowa nonjusza odsunęła się od kreski zerowej skali nieruchomej (rys. 6). Ta obecna odległość pomiędzy zerowymi kreskami obydwu skal równa się grubości przedmiotu, włożonego pomiędzy szczypce, ponieważ tylko tą grubością zostało wywołane przesunięcie jednej

skali względem drugiej. Odległość tę mierzymy przede wszystkim w całych milimetrach, obserwując, któremu z kolei milimetrowi na skali nieruchomej odpowiada początkowa kreska skali ruchomej. (Cyfry na rysunku oznaczają centymetry. Pamiętajmy, że 1 centymetr = 10 milimetrom.). Może się zdarzyć, aczkolwiek rzadko, że kreska zerowa nonjusza zgadza się najdokładniej z którąkolwiek kreską milimetrową podziałki nieruchomej, wtedy, rzecz prosta, grubość przedmiotu badanego wypadnie nam jako pewna cała ilość milimetrów. Zwykle jednak kreska początkowa ruchoma wypada pomiędzy kreskami milimetrowymi podziałki nieruchomej, a wtedy, obliczywszy, ile całych milimetrów (na naszym rysunku: 10) zawiera grubość przedmiotu; pozostały ułamek milimetra określamy zapomocą następującego rozważania.

Przedewszystkiem zwracamy uwagę, która z kolei kreska nonjusza zgadza się z jakąkolwiek kreską działki nieruchomej; na rysunku przypada to w punkcie B dla kreski 6-ej. Odległość AB (mierzona zapomocą skali nieruchomej) wynosi 6 mm. Gdy zaś teraz zwrócimy uwagę na skalę małą, ruchomą, to zauważymy, że ta odległość AB, czyli 6 milimetrów, jest, jak widać z rysunku, większa od 6-ciu działek nonjusza o długość szukanego przez nas odcinka (mniejszego od jednego milimetra). Poprzednio zaznaczyliśmy, że każda działka skali ruchomej jest równa $\frac{9}{10}$ jednej działki skali nieruchomej, czyli wynosi $\frac{9}{10}$ milimetra, zatem 6 działek skali ruchomej stanowią: $6 \cdot \frac{9}{10}$ mm. = $\frac{54}{10}$ mm. = $5\frac{4}{10}$ mm. Z tego znowuż wynika, iż 6 działek skali nieruchomej (czyli AB) jest większe od 6 działek nonjusza o różnicę: 6 mm. — $5\frac{4}{10}$ mm. = 0,6 mm. Tej zaś różnicy właśnie równa się długość szukanego przez nas odcinka.

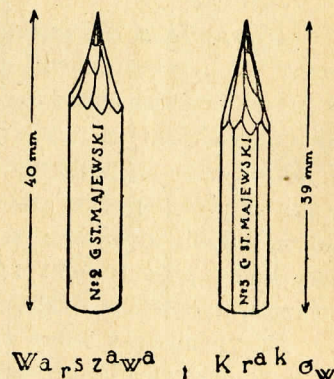
Wobec tego grubość mierzonego pręta wynosi 10 cał-

kowitych milimetrów i jeszcze 0,6 milimetra, a więc ogółem 10,6 mm.

Należy jednak zwrócić uwagę na tę okoliczność, że w danym przykładzie, w którym otrzymaliśmy ilość dziesiątych części milimetra równą 6, właśnie 6-ta kreska nonjusza zgadzała się z jedną z kreszek podziałki nieruchomej; gdyby zgodność kreszek wypadła dla 4-ej kreski nonjusza, to rozważanie, podobne do poprzedniego, doprowadziłoby nas do wniosku, że badana długość wynosi oprócz 10 milimetrów całych, jeszcze $\frac{4}{10}$ milimetra. A więc na przyszłość przy mierzeniu nie powtarzamy wyżej wspomnianych rozumowań, lecz poprostu po lekkim zaciśnięciu przedmiotu pomiędzy szczypcami kalibromierza zwracamy przedewszystkiem uwagę na to, o ile całych milimetrów odsunęło się zero (kresa początkowa) skali ruchomej od zera nieruchomej, jeśli przypada ono pomiędzy kreskami milimetrowymi, w takim razie jeszcze ustalamy, która działka nonjusza zgadza się z jakąkolwiek działką skali nieruchomej, a wtedy liczba, wyrażająca numer kolejny takiej kreski (nonjusza), będzie jednocześnie wskazywała ilość dziesiątych części milimetra.

Ta metoda, jak wspominaliśmy, pozwala nam wykonywać pomiary z dokładnością do 0,1 milimetra.

Ćwiczenia. 1. Mierzenie różnych bryłek metalowych lub drewnianych (prostokątnych). Określanie ich długości, szerokości i wysokości.



Rys. 7.

2. Mierzenie deseczek drewnianych i płytek lub blazek metalowych.

3. Mierzenie długości i grubości klucza, obsadki, ołówka, średnicy monety lub guzika.

4. Znaczenie tej samej dokładności w pomiarach różnej wielkości przedmiotów: przesunięcie czcionek drukarskich w słowach: Warszawa i Kraków o jeden milimetr i różnica długości dwóch *ołówków*, również wynosząca jeden milimetr (rys. 7).

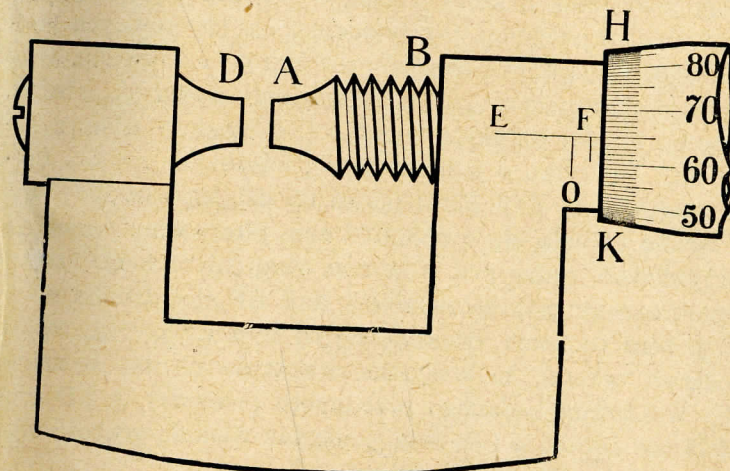
W pierwszym wypadku z powodu małych rozmiarów przedmiotu narzuca się ona (różnica) naszej uwadze nader wyraźnie, w drugim zaś prawie jej nie dostrzegamy.

Mierzenie z dokładnością do 0,01 milimetra. Gdybyśmy jednak postanowili zmierzyć grubość bibułki, cienkiego drucika lub włosa, to kalibromierz okazałby się zbyt niedoskonałym przyrządem dla dopięcia tego celu. W takich razach posługujemy się śrubą mikrometryczną, zwaną nieraz poprostu *mikrometrem*, która pozwala nam posunąć dokładność mierzenia aż do 0,01 milimetra, t. j. błąd, który przy takim mierzeniu może być przez nas zrobiony, nie będzie większy, niż 0,01 milimetra (rys. 8).

Przypomnijmy sobie zwyczajną śrubkę, którą wkładamy w drzewo dla przymocowania jakiegoś przedmiotu. Wszak, obracając ją ciągle wokół, jednocześnie wywołujemy jej posuwanie się naprzód, a więc w głąb drzewa. Tę głębokość, na jaką śruba wchodzi w drzewo, kiedy ją tylko raz dookoła obrócimy, nazywamy *krokiem* śruby.

Na podanym rysunku właśnie widzimy śrubę AB, zaopatrzoną w dwie podziałki, zaznaczone na samej oprawie śruby. Jedna z nich EF nieruchoma (zwykle podzielona na milimetry), druga HK, obracająca się i jednocześnie poruszająca się naprzód lub wstecz razem ze

śrubą, (rozdzielona na 100 równych części). Gdy koniec śruby A i część oprawy D przylegają do siebie, wtedy kreska zerowa skali ruchomej zgadza się z linią EF skali nieruchomej, a sam brzeg HK ruchomej podziałki przypada na kreskę początkowej (zerowej) skali nieruchomej. Krok śruby mikrometrycznej zwykle bywa równy 1 milimetrovi, czyli że koniec śruby A posuwa się naprzód o 1 milimetr, gdy, biorąc za główkę śruby, obró-



Rys. 8.

cimy ją na prawo raz dookoła. O ileby jednak śruba wykonała tylko $\frac{1}{10}$ lub $\frac{1}{100}$ jednego obrotu, to naturalnie koniec jej poszedłby naprzód lub cofnął się wstecz (zależnie od kierunku, w którym kręcimy śrubę) również o $\frac{1}{10}$ mm. albo $\frac{1}{100}$ mm.

Chcąc zatem zmierzyć grubość jakiegoś drobnego przedmiotu, (drucika, blaszki, włosa) wkładamy go pomiędzy oprawę D i koniec śruby A, przyciskając za pomocą tej ostatniej przez bardzo lekkie jej przykręcenie. Wtedy obserwujemy obydwie podziałki, zaczynając od

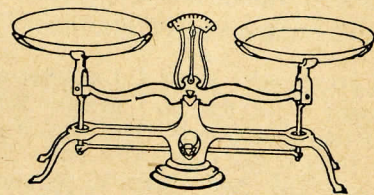
nieruchomej. Jeśli brzeg skali ruchomej HK, jak widać z załączonego rysunku, przekroczył 1-szy milimetr skali nieruchomej, to, żeby zmieścić mierzony przedmiot pomiędzy końcami A i D, śruba musiała być obrócona co najmniej raz dookoła, czyli cofnęła się o cały milimetr i jakąś część następnego, ponieważ brzeg HK wypada pomiędzy 1-ym i 2-im milimetrem. Całkowite cofnięcie się śruby wynosi zatem, oprócz jednego całego milimetra, jeszcze pewien jego ułamek, który właśnie obliczymy zapomocą skali ruchomej, podzielonej, jak wiadomo, na 100 równych części, odpowiadających setnym częściom jednego obrotu. Gdy śruba, cofając się o $\frac{1}{100}$ milimetra, wykonywa $\frac{1}{100}$ obrotu, zerowa kreska jej skali ruchomej naturalnie odsuwa się od linii EF tylko o jedną działkę; odsunięcie się zaś kreski zerowej od linii EF o jakieś 65 działek zaznaczyłoby, iż śruba cofnęła się o całe 0,65 mm. Skoro więc w naszym przykładzie (patrz rys. 8) 1 mm. skali nieruchomej został przekroczony, naprzeciwko zaś linii EF stoi działka 65-ta (t. j. zero ruchome oddaliło się od linii EF o $\frac{65}{100}$ części jednego obrotu), to wszystko wskazuje na to, że śruba dla wsadzenia badanego przedmiotu pomiędzy A i D musiała się cofnąć o 1,65 mm, ponieważ właśnie grubość tego ciała tyleż milimetrów wynosi.

Ćwiczenia. 1. Mierzenie średnicy włosa końskiego i ludzkiego, różnej grubości drucików, cienkich blaszek, kartek papieru, biletów wizytowych i t. p.

2. Sprawdzić zapomocą mikrometru, że pierwszy lepszy drucik lub blaszka, z pozoru zupełnie jednakowej grubości, jednak przy mierzeniu mikrometrem okazują się w różnych swoich częściach niejednakowo grube. Różnice tych wymiarów wypadną często bardzo niewielkie, dlatego też mogły być wykryte tylko przez zastosowanie przyrządu, którego dokładność jest już dosyć daleko posunięta, mianowicie do 0,01 mm.

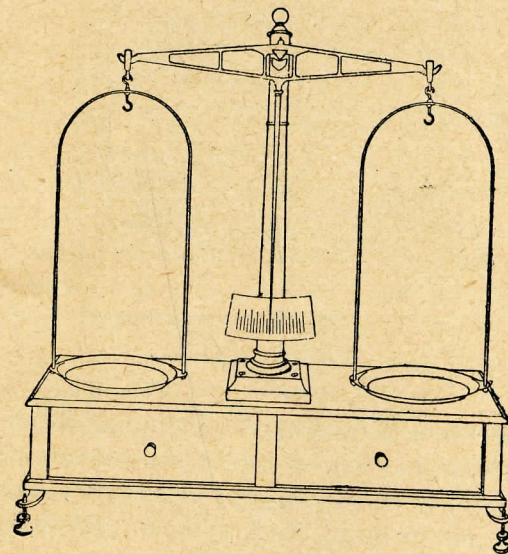
WAŻENIE.

Ciężary ciał określa się zapomocą odrębnego przyrządu, zwanego wagą, która nieraz może najrozmaiciej wyglądać (rys. 9 i 10). Nadto, żeby coś ważyć, trzeba mieć komplet odpowiednich ciężarków, odważników, np. kilogramów, funtów lub lutów, a więc trzeba obrać pewien układ miar ciężarowych.



Rys. 9.

Układ metryczny będzie tu znowu najodpowiedniejszy ze względu na jego prostotę, wynikającą z układu dzie-



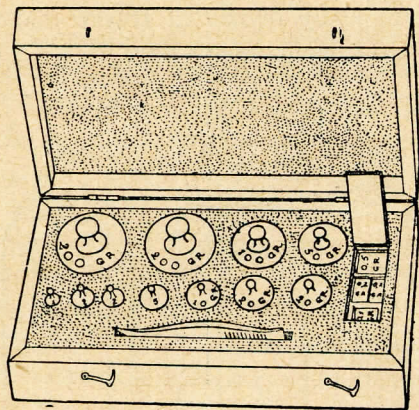
Rys. 10.

siętnego, na którym się opiera, i ścisłą łączność, jaka go wiąże z układem jednostek długości powierzchni i objętości. W układzie metrycznym za jednostkę ciężaru

przyjmuje się gram; jest to wzorzec metalowy, którego ciężar równy jest ciężarowi 1 centymetra sześciennego czystej wody w czterech stopniach według termometru Celsjusza. Mniejsze jednostki stanowią następujące części grama:

1 decyg. = 0,1 gram. } 1 centygr. = 0,01 gr. } 1 miligr. = 0,001 gr.
 gram = 10 decygr. } gram = 100 centygr. } gram = 1000 miligr.
 (1 funt = 409,5 gr.) (1 lut = 12,8 gram.).

Tak małe (miary) jednostki ciężaru potrzebne są nam np. przy odważaniu lekarstw (proszków) w aptekach lub



Rys. 11.

złota czy srebra u złotników. W handlu pospolitym — przeciwnie — jednostka, zwana kilogramem, bywa najczęściej używana; wynosi ona 1000 gramów, czyli równa się ciężarowi już nie jednego, lecz tysiąca centymetrów sześciennych wody. [1 pud = 16,39 kg., 1 kg. = 2,4 funtom; tona = 1000 kg.] W zbiorach ciężarków, któremi się posługujemy przy ważeniu, poszczególne odważniki są dobrane w sposób, wskazany na rysunku 11. Posiadając takie odważniki, możemy przy ich pomocy odważyć

wszelkie ciężary w granicach od 0,1 gr. do 611 gr., o ile, naturalnie, ważyć będziemy z dokładnością tylko do 0,1 gr.

Blaszki, umieszczone w pudełku po prawej stronie, oznaczają dziesiąte części grama, mianowicie: 0,1 gr., 0,2 gr. (2 blaszki) i 0,5 gr.

Ważenie rozpoczynamy od umieszczenia przedmiotu ważonego na talerzyku lewym, odważniki kładziemy na prawy, bliższy ręki prawej, a więc dogodniejszy przy dobieraniu odważników. Zaczynamy od odważnika największego, jakiby się nam wydawał odpowiednim, a potem, gdy okaże się za wielkim, przechodzimy stopniowo do coraz mniejszych, bo tylko w takim wypadku możemy być pewni, że odważniki zawsze nam wystarczą do określenia ciężaru ciała badanego. Inaczej łatwo zdarzyłoby się mogło, gdybyśmy za wcześnie wyczerpali odważniki drobniejsze, że, nie osiągnąwszy jeszcze stanu równowagi, znaleźlibyśmy się wobec braku odważników odpowiednich, a pozostałe inne byłyby już za duże.

O równowadze wagi sądzimy nie tylko z tego, że talerzyki jej są na równej wysokości, a wskazówka zajmuje położenie środkowe, lecz również i po tem, czy waga, zlekka poruszona z jednej strony, daje (w przybliżeniu) jednakowe wychylenia wskazówki z jej środkowego położenia równowagi na skali. Gdy to zachodzi, możemy być pewni, że ciężar ciała ważonego równa się ciężarowi położonych na drugim talerzyku odważników, o ile, naturalnie, waga sama jest rzetelna i jeszcze przed ważeniem, będąc pusta, pozostawała w równowadze.

- Ćwiczenia.* 1. Ile kilogramów bez zbytniego wysiłku możesz podnieść do góry? Ile wynosi własny twój ciężar?
2. Zważyć bryłkę prostopadłościenną z drzewa lub żelaza, walec żelazny, trochę śrutu i takąż objętość trocin.
3. Zważyć kilkadziesiąt ziarn grochu, mniej wię-

cej jednakowej wielkości. Znając ilość tych ziarn, obliczyć przeciętny ciężar jednego. Porównać ten rezultat z ciężarem osobno zważonego jednego ziarna.

4. Zważyć w małej buteleczce lub szklaneczce wodę, naftę i spirytus (może być t. zw. skażony), biorąc je na oko w tych samych objętościach. Porównać ich ciężary.

5. Zważyć ilość wody, która może się pomieścić w szklance.

STANY SKUPIENIA CIAŁ FIZYCZNYCH.

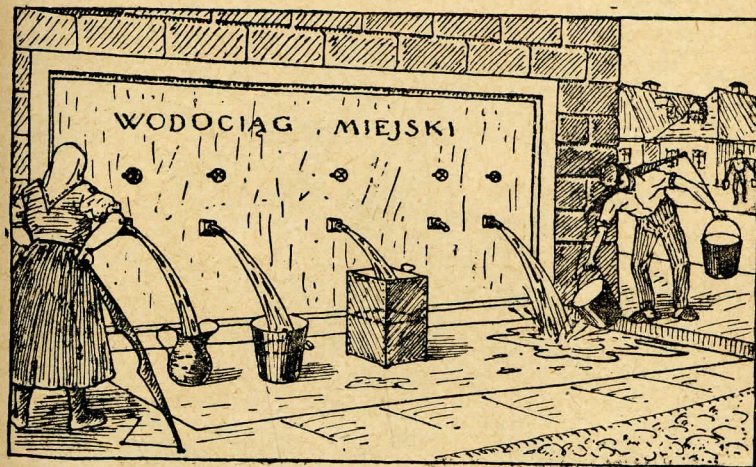
W poprzednim rozdziale była mowa o ważeniu żelaza, drzewa, wody i innych ciał, a wtedy, chcąc zważyć pierwsze dwa, kładliśmy je wprost na talerzyk wagi, przeciwnie, dla określenia ciężaru wody lub nafty trzeba było je umieścić w jakimkolwiek naczyniu.

Zależy to, jak widać, od tego, że żelazo lub drzewo mają nie tylko własną objętość, lecz i kształt, trwale istniejący bez pomocy jakiegokolwiek naczynia. Otóż te wszystkie ciała w naturze, które posiadają kształt niezmienny, pomimo tego, iż nie są skrupowane żadnym naczyniem, a więc postać mają własną, zwiemy w fizyce ciałami stałymi. Takie też ciała stawiają zwykle pewien opór, gdy chcemy zmienić ich kształt lub objętość.

Jakież w takim razie ciała nazwiemy płynami (cieczami)? Sama nazwa wskazuje, że stosuje się ona tylko do ciał, które się rozplywają, ciekną, czyli własnej postaci mieć nie mogą, bo pod wpływem ciężaru rozlewają się na wszystkie strony. Dla utrzymania ich w skupieniu trzeba im dać oparcie z ciał stałych, na przykład w postaci ścianek naczynia, które z kolei nada cieczy, w niem zawartej, taki kształt, jaki samo posiada. Na rysunku 12 właśnie widzimy, jak ta sama ciecz przybiera

trzy odrębne formy zależnie od tego, do którego z naczyni podstawionych trafia; przeciwnie, nie mając granic, wytkniętych jej przez ścianki naczynia, rozlewa się w masę bezkształtną.

Otoczający nas świat zewnętrzny składa się nie tylko z ciał stałych i ciekłych; wszak żyjemy także otoczeni ciągle powietrzem, bez którego ani chwili obejść się nie możemy. Ale powietrza nikt z nas nie nazwie

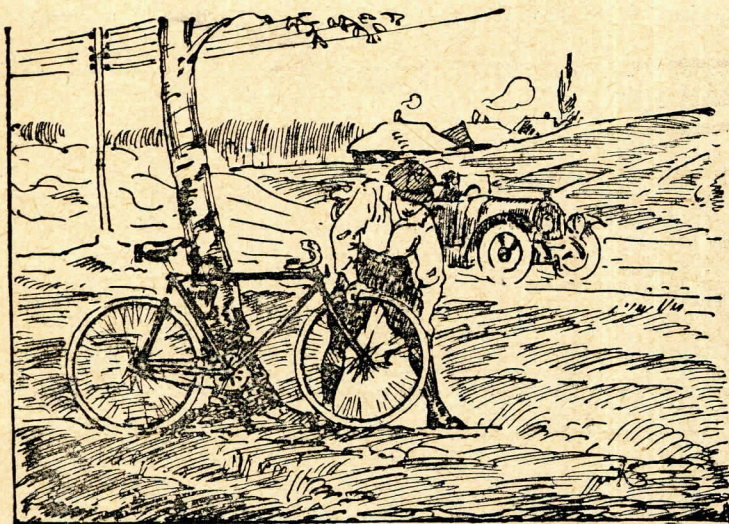


Rys. 12.

ani ciałem stałym, ani cieczą; jest to zatem jakiś trzeci stan skupienia cząsteczek materji, zgoła odmienny od dwóch poprzednich; jego to nazywamy stanem gazowym, a ciała o własnościach podobnych do powietrza — gazami.

Skądże jednak wiemy, że powietrze jest ciągle naokoło nas? Przecież nie jest ono widoczne, tak jak na przykład woda w szklance lub inna jakaś ciecz. Chociaż powietrze jest niedostrzegalne, to jednak obecność jego wyczuwamy niemal bezustannie.

Oto cyklista w drodze zauważył, że guma roweru stała się zbyt miękką, i stąd wnioskując, iż powietrza w niej za mało. Za chwilę napompuje go, a wtedy będzie pewny, że powietrza przybyło w oponie gumowej, ponieważ ta stężała i z trudnością ustępuje pod palcami (rys. 13).



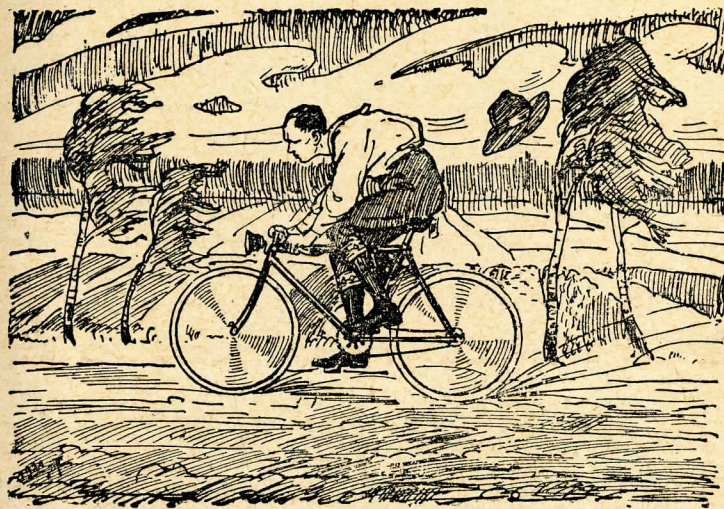
Rys. 13.

Również, gdy posuwamy się w powietrzu wolno, wówczas nie doznajemy oporu; kiedy jednak pędzimy szybko, a wiatr nadto dmie nam w twarz, wtedy uczujemy obecność powietrza, gdyż przeszkadza ono nam wyraźnie w ruchu (rys. 14).

Jakież własności ma powietrze lub każdy inny gaz (np. gaz świetlny, lub dwutlenek węgla, wydobywający się z wody sodowej)? Czy są to własności te same, które posiada każda ciecz? Częściowo tak, lecz są tu i chęcy

zgoła odmienne, nie występujące ani u ciał stałych, ani u ciekłych.

Otóż gazy tak samo, jak ciecz, nie posiadają własnego kształtu, lecz przybierają kształt naczynia, w którym się znajdują. Wpuszczając powietrze z ust lub gaz z rury gazowej do naczyń różnego kształtu (patrz str.



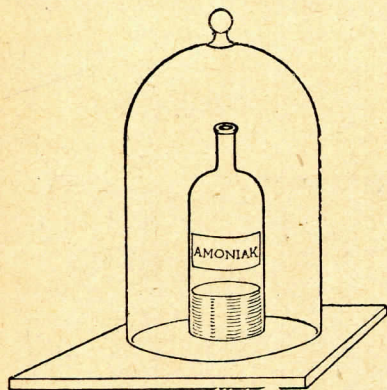
Rys. 14.

37), wypełnionych wodą, w których gaz zajmie miejsce wody, uznać musimy, że kształt gazu, znajdującego się w tych naczyniach, będzie kształtem tych naczyń (jak na rys. 28).

Ciecz może wypełniać część naczynia dowolnie długo.

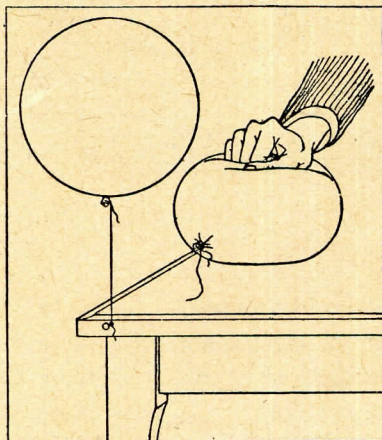
Gdybyśmy jednak do pustej butelki wprowadzili trochę roztworu amonjaku (z którego, jak wiadomo, stale wydziela się gaz, amonjakiem zwany), lub parę kawałków kamfory, to gaz rozszedłby się po całym wnętrzu

butelki. Umieściwszy butelkę (po wyjęciu z niej korka) pod dużym dzwonem (rysunek 15), szczelnie zamkniętym u dołu, moglibyśmy się po jakimś czasie przekonać, że teraz cały dzwon jest również wypełniony gazowym amoniakiem. Wnosimy stąd, że gaz ma osobliwą dążność do rozchodzenia się w przestrzeni (czego ani ciecze, ani ciała stałe nie posiadają) i wskutek tego zawsze wypełnia całkowicie naczynie, do którego się dostanie.



Rys. 15.

Górna powierzchnia cieczy, nie stykająca się ze ściankami naczynia, nosi nazwę swobodnej powierzchni; ma ona zawsze w cieczy nieruchomej położenie *poziome*. U gazów, skoro nie możemy nimi wypełnić na stałe tylko części naczynia, bo zaraz rozchodzą się one po całym jego wnętrzu, nie może zatem być mowy o swobodnej powierzchni. Woda wylana z pełnej szklanki do beczki nie powiększy swej objętości, natomiast szklanka gazu zajmie objętość beczki (bo rozejdzie się po całej beczce), gdy ją przeniesiemy do jej wnętrza.



Rys. 16.

Poza tem z doświadczeń z wiatrówką lub balonikiem (rys. 16) wiemy, że gaz łatwo daje się ścisnąć, zmniejszyć w swojej objętości; ciecze zaś należą do ciał trudno ściśliwych.



Rys. 17.

Ze względu na swój mały ciężar, gazy także wybitnie się różnią od ciał stałych i ciekłych: są one bez porównania lżejsze od tych ciał, wziętych w tej samej, co i inne objętości.

Nieraz jedno i to samo ciało może występować jednocześnie w trzech stanach skupienia, jak to najczęściej widzimy na przykładzie wody, która jako lód, para i ciecz może łatwo znaleźć się w tem samym miejscu.

Gdy np. lody na rzece ruszają i spływają z jej powierzchni, odsłaniając więzioną przez zimę przezroczystą taflę wody, to obok na brzegach pozostać może śnieg, a więc drobne kryształki lodu, t. j. to samo ciało, które w łózysku rzeki jest już ruchliwą i pozbawioną własnego kształtu cieczą, lecz w stałym stanie skupienia. W otaczającym zaś powietrzu wyczuwa się wilgoć nadchodzącej wiosny, bo jest w niem niewidzialna para wodna.

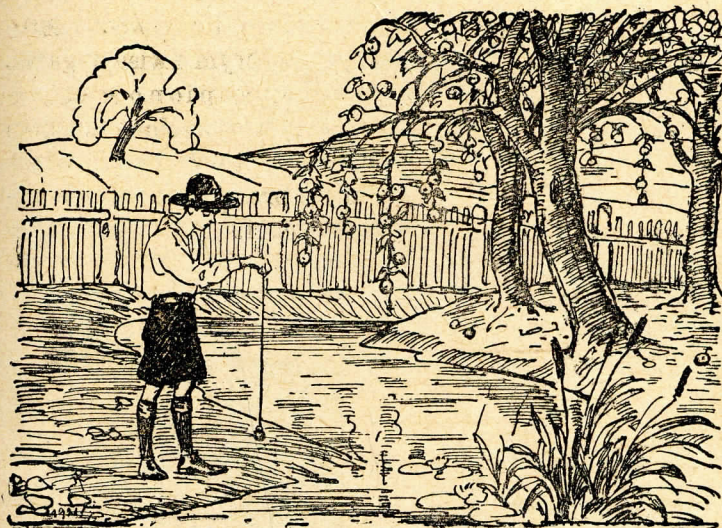
W parze wodnej mamy przykład trzeciego stanu skupienia wody. Jest to stan gazowy. Przez skroplenie pary wodnej powstały drobniutkie kropelki wody, z których utworzyły się obłoczki, widoczne wdali na horyzoncie przedstawionego krajobrazu (rys. 17).

Każdą ciecz wonną, jak np. perfumy, naftę, benzynę lub terpentynę, poznajemy po właściwym jej zapachu tylko dlatego, że ciecze te stale wytwarzają parę u swej swobodnej powierzchni, a więc istnieją równocześnie w dwóch stanach skupienia: ciekłym i gazowym. To samo dotyczy, jak się potem dowiemy, wogóle wszelkich cieczy, zarówno wonnych, jak i bezwonnych.

PION I POZIOMNICA.

W jednym z poprzednich rozdziałów mówiliśmy o ciężarze ciała, a mianowicie o wyznaczaniu go zapomocą wagi. Łatwo godzimy się z tem, że ciężar jest to pewna siła: wszak jakiś duży ciężar może nas uciskać, zgnieść, złamać nieraz rękę lub nogę, czyli wywoływać skutki takie same, jak inne siły, ujawniane przez ludzi lub zwierzęta. Ale w jakim kierunku działać może ciężar ciała?

Przypomnijmy tylko sobie, cośmy nieraz już widzieli dookoła siebie. Oto podczas urodzaju owoców drzewa w ogrodzie uginają się pod ciężarem jablek, gruszek; jakżeż wtedy wyglądają ich gałęzie? (Rys. 18.) Zwieszają się one ku dołowi, przybierając kierunek taki, jaki widzimy u sznurka, gdy u dołu obciążymy go kawałkiem metalu. Gdy zaś jabłko dojrzeje, a ogonek nie jest w sta-



Rys. 18.

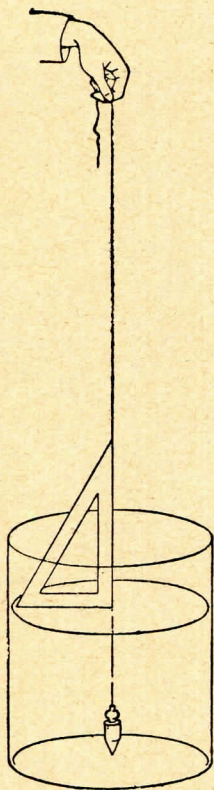
nie go utrzymać, gdy sznurek jest za słaby, lub został przecięty, to i jabłko, i kawałek metalu spadają ku dołowi w tym samym kierunku, w jakim przedtem jedno wyciągało gałązkę, a drugi — sznurek.

Otóż ten właśnie kierunek, w którym działa siła ciężaru, (przyciąganie ziemi), nazywamy pionowym. Z poprzedniego widzimy, że najłatwiej go wyznaczyć zapomocą ciężarka, uwiązanego na sznurku. (Rys 19.) Posługują się nim np. mularze przy stawianiu domów sto-

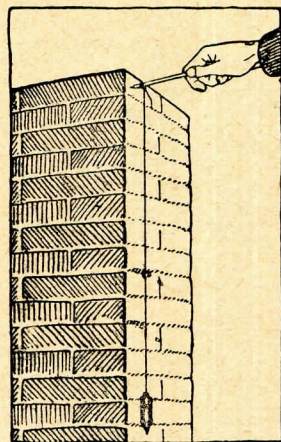
larz przy robieniu mebli i t. p. (rys 20). Wszak bez użycia pionu ściana mogłaby wypaść pochyło i przez to uległaby zawaleniu się.

POZIOMNICA.

Na rysunku 18 cieńsze gałązki jabłoni opuszczają się nad nieruchomą taflą wody. Kierunek, w którym zwisają gałązki, nazwalimy pionowym, natomiast powierzchnię spokojnej wody nazywamy poziomą. Bardzo proste doświadczenie według rys. 19 poucza, że kieru-



Rys. 19.

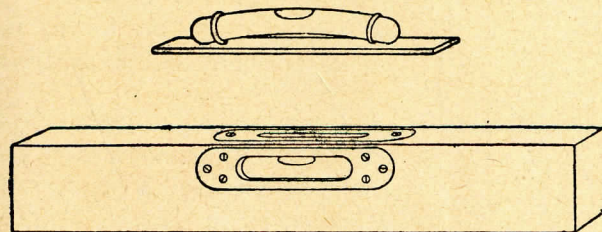


Rys. 20.

nek pionowy i poziomy zamykają kąt prosty. Wnosimy stąd, że taki kierunek powierzchni wody nie jest przypadkowy, jak to może się zdarzyć na powierzchni

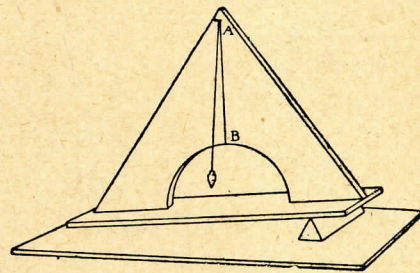
pagórka lub ścieżki. Jest to kierunek, jaki przybiera każda ciecz w stanie zupełnego bezruchu.

Jeśli mularz, stawiając ścianę, dba o to, żeby była jak mówimy, «prosta», to znaczy pionowa, i dla upewnienia się w tem używa pionu, to tak samo cieśla, ro-



Rys. 21.

biąc sufit lub podłogę, stara się zrobić je poziomemi, używając w tym celu tak zwanej poziomnicy (albo libelli). Poziomnica często jest to rurka szklana, zlekka łukowato ku górze wygięta i osadzona w metalowej oprawie; rys. 21 przedstawia taką poziomnicę w oprawie u dołu i bez oprawy u góry. Wnętrze wypełnione prawie całkowicie cieczą, zawiera nieduży pęcherzyk powietrza, który zawsze dąży do zajęcia najwyższego położenia w rurce. Gdy pę-

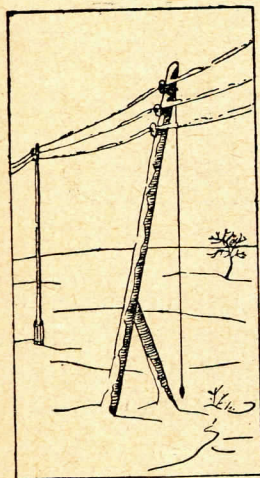


Rys. 22.

cherzyk zajmuje środek rurki szklanej u góry (miejsce to jest umyślnie zaznaczone na rurce), znaczy to, że poziomnica znajduje się na powierzchni rzeczywiście poziomej. Dla dokładnego sprawdzenia, czy dana powierzchnia jest

pozioma, ustawia się na niej poziomnicę dwukrotnie w dwu kierunkach do siebie prostopadłych.

Na rysunku 22 przedstawiona jest jeszcze inna poziomnica, używana przy robotach ciesielskich. Gdy sznurek, obciążony kulą metalową, przypada na niej wzdłuż linii AB, prostopadłej do jej podstawy, wtedy mamy pewność, że płaszczyzna, na której postawiono poziomnicę jest pozioma.



Rys. 23. Czy ten słup telegraficzny jest pionowy?

Ćwiczenia. 1. Zapomocą własnoręcznie zrobionego pionu (sznurek z ciężarkiem u dołu, u góry zaopatrzony w gwóźdź o długości 4—5 cm. rys. 20) sprawdź, czy ściana pokoju lub szafy, czy rama okienna, drzwi od pokoju lub nogi od stołu są równoległe do pionu, a więc pionowe. W ten sam sposób zbadać można pionowość słupów telegraficznych, parkanu, drzew przed domem i t. p. (rys. 23).

2. Weź szklankę z wodą, której poziom jest o 1 centymetr niższy od górnego brzegu szklanki.

Wsун pod szklankę z jednej jej strony wąski klin lub kawałek tekturki i zwróć uwagę na położenie powierzchni wody względem górnego brzegu szklanki. Sprawdź, posługując się taką szklanką, czy powierzchnia stołu, stolka, ławki lub podłogi jest pozioma; to samo uczyni przy pomocy poziomnicy (takiej, jak na rysunku 21 lub 22). Który z tych sposobów wyda ci się najdokładniejszym?

MIERZENIE POLA.

Już w arytmetyce poznaliśmy, w jaki sposób można zmierzyć powierzchnię podłogi pokoju lub stołu. W tym

celu, jak wiemy, musimy znaleźć długość i szerokość mierzonego pola (np. pokoju) i pomnożyć je przez siebie, a wtedy otrzymamy wielkość powierzchni, wyrażoną w miarach *kwadratowych*. Naturalnie, każdą powierzchnię można mierzyć, czyli wyznaczać jej wielkość, tylko przy pomocy jakiejś innej powierzchni, obranej za jednostkę miary, np. łokcia lub metra kwadratowego.

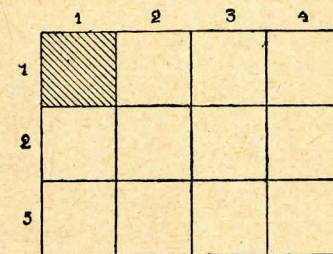
Jednostkami metrycznymi powierzchni, najczęściej używanymi, są: metr kwadratowy, albo centymetr kwadratowy, a także decymetr i milimetr kwadratowy. (Oznaczamy je: m.², cm.², dm.², mm.²)

1 metr. kwadr. = 100 dm. kwadr. } 1 dm. kwadr. = 100 cm. kwadr.
1 dm. kwadr. = 0,01 metr. kwadr. } 1 cm. kwadr. = 0,01 dm. kwadr.
1 centymetr kwadr. = 100 milim. kwadr.
1 milimetr kwadr. = 0,01 cm. kwadr.

Dla mierzenia większych obszarów (np. pól, łąk, lasów i t. p.) używamy:

1 hektar = 10000 metr. kwadr. = 0,915 dziesięciny,
(1 włoka = 16,8 ha; 1 morga = 5598,7 m² = 0,56 ha; 1 przęt kw. = 18,7 m²).

Rysunek 24 przedstawia powierzchnię prostokąta, równą 12 cm. kwadr., ponieważ długość jego wynosi 4 cm, a szerokość 3 cm. Każda kratka posiada powierzchnię równą 1 centymetrowi kwadratowemu.



Powierzchnia = 3 cm × 4 cm = 12 cm²

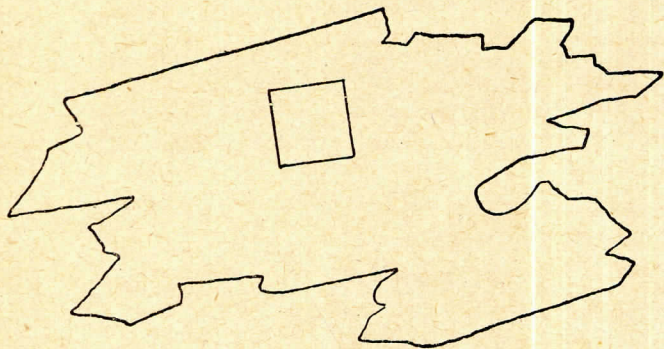
Rys. 24.

Można jednak nie raz sądzić o wielkości pól, zwłaszcza nieforemnych, obliczając je zupełnie innym sposobem, niż wyżej wymieniony. Na przykład, z kawałka tektury, poprzednio dokład-

nie zważonej, wycinamy 1 centymetr kwadratowy (lub dm^2) i ważymy go (rys. 25).

Oczywiście, ciężar całej tekstury powinien (gdy tekstura jest wszędzie jednakowo gruba) okazać się tyle razy większym od zważonego wycinka (o powierzchni 1 centymetra kwadratowego), ile razy jej powierzchnia jest większa od tegoż centymetra kwadratowego.

A więc *iloraz* z podzielenia ciężaru całej tekstury przez ciężar wyciętego centymetra kwadratowego wskaże,



Rys. 25.

ile centymetrów kwadratowych (całkowitych lub z ułamkiem) zawiera szukana powierzchnia tekstury.

Ćwiczenia. 1. Przerobić to samo z kawałkiem cienkiej blachy, deseczki, papieru lub materiału łokciowego i t. p.

2. Zmierzyć w miarach metr. powierzchnię podłogi, stołu, tablicy.

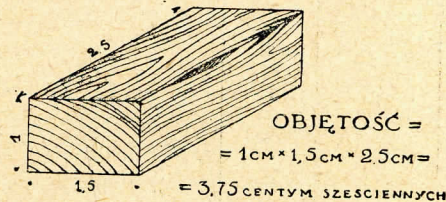
MIERZENIE OBJĘTOŚCI.

Dla mierzenia objętości ciał posługujemy się miarami mętrycznymi sześciennymi, np.

1 metr sześcienny = 1000 dm. sześc. = 1000000 cm. sześc.
 1 dm. sześc. = 1000 cm. sześc.; 1 cm. sześc. = 1000 mm. sześc.
 Decymetr sześcienny inaczej nazywamy litrem.
 Kwarta odpowiada 1 litrowi; garniec — 4 litrom.
 (Miary sześcienne oznaczamy: m^3 , dm^3 , cm^3 , mm^3 .)

Chcąc zmierzyć objętość prostopadłościennej bryłki, np. z drzewa czy metalu, wystarczy wyznaczyć wysokość, długość i szerokość takiego przedmiotu zapomocą miarki, podzielonej na centymetry lub milimetry. Znalazszy trzy wymiary wzajemnie do siebie prostopadle, mnożymy je i otrzymujemy objętość ciała w miarach sześciennych (rys. 26).

Mierzenie objętości ciał dowolnego kształtu. Podany przed chwilą sposób mierzenia objętości zawodzi w przypadku pierwszego lepszego ciała, np. kamienia, klucza lub



Rys. 26.

garści żwiru. W takich razach uciekamy się do następującej metody *fizycznej*.

Bierzemy tak zwaną menzurkę, t. j. walec szklany zaopatrzony w podziałkę. Gdy nalejemy doń cieczy, to od razu ta kreska, która odpowiada poziomowi cieczy, objaśni nas, ile centymetrów sześciennych danej cieczy mamy w menzurce. (Rys. 27, część lewa).

Ćwiczenia. 1. Zmierz przy pomocy menzurki, ile centymetrów sześciennych wody mieści się w szklance lub w kubku.

2. Zmierz w podobny sposób pojemność flaszki,

łyżki lub kieliszka. (Objętość wewnętrzną naczynia nazywamy jego pojemnością.)

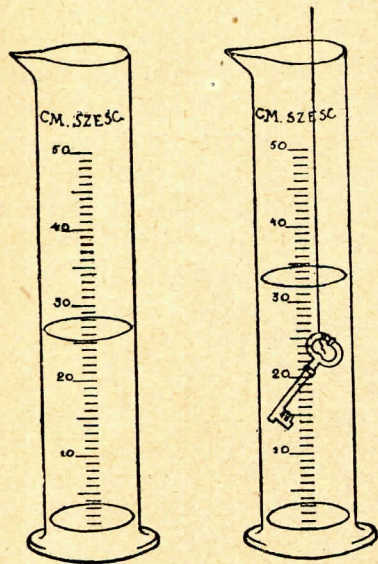
Menzurka pozwoli nam także określić objętość ciał innych, niekoniecznie cieczy. Naprzykład mamy wodę w menzurce, sięgającą do kreski 25-tej, co oznacza, iż objętość tej wody wynosi 25 cm^3 (rys. 27). Zanurzamy teraz do niej klucz, uwiązany na nitce. Poziom wody odrazu się podnosi, gdyż klucz wyparł wodę w takiej objętości, jak sam posiada, a więc woda musiała sobie takąż objętość znaleźć wyżej w menzurce i z tego względu sięgnęła aż do kreski 32 cm^3 .

Powiększenie (pozorne) objętości wody wynosi $32 \text{ cm}^3 - 25 \text{ cm}^3 = 7 \text{ cm}^3$; taką zatem jest szukana objętość klucza. Podobnie postępując, możemy określić objętość różnych ciał

dowolnego kształtu, muszą one jednak mieścić się w menzurce i nie pływać po powierzchni wody.

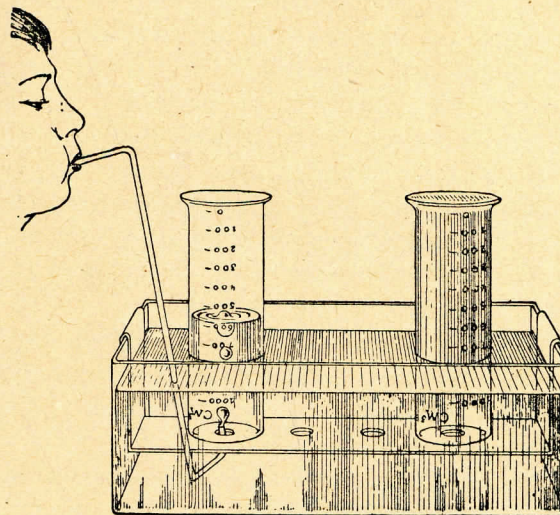
MIERZENIE OBJĘTOŚCI GAZÓW.

Chcąc także przy pomocy menzurki oznaczyć objętość jakiegoś ciała gazowego, chociażby powietrza wydychanego z płuc podczas jednego oddechu, należy to doświadczenie urządzić w następujący sposób. (Rys. 28). Napelniwszy menzurkę wodą, po nakryciu jej szklaną płytką i odwróceniu do góry dnem, zanurzamy ją do



Rys. 27.

szerszego naczynia z wodą, osadzając jednocześnie na odpowiedniej półeczce z otworkami, a następnie pod wodą usuwając płytkę. Z walca takiego woda się nie wylewa, ponieważ przeszkadza temu ciśnienie powietrza atmosferycznego, działające na swobodną powierzchnię płynu w szerokim naczyniu. Teraz dmuchamy przez rurkę, a powietrze z ust wchodzi w postaci pęcherzyków do walca. Jako



Rys. 28.

łżejsze, unosi się do górnych części walca, wypierając stopniowo odpowiednią ilość centymetrów sześciennych wody do szerokiego naczynia. Ze stanu cieczy w menzurce dowiadujemy się, jaką ilość tychże centymetrów zajmuje powietrze.

Ćwiczenie. Wyznaczyć objętość ciał stałych dowolnego kształtu sposobem wyżej wskazanym, a więc objętości: klucza, łyżki, kawałków marmuru, garści żwiru, walca żelaznego lub mosiężnego i t. p.

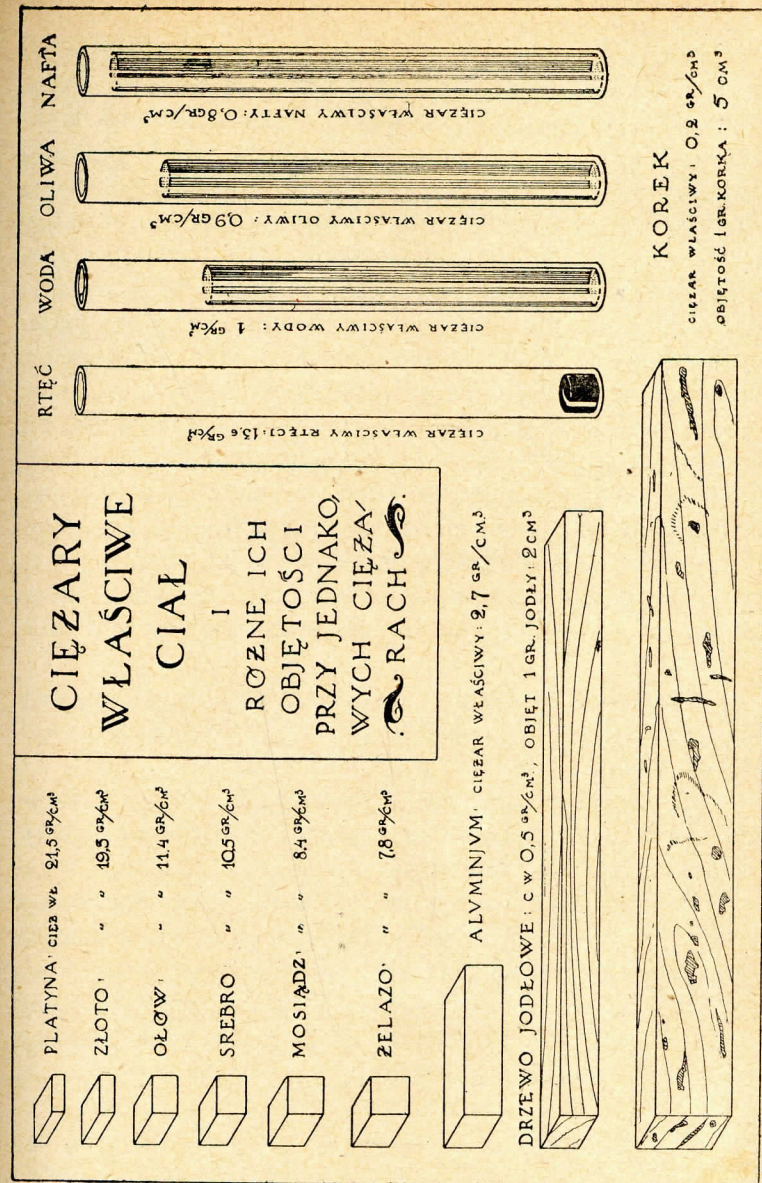
WYZNACZENIE CIĘŻARU WŁAŚCIWEGO.

Mówimy zwykle, że ołów (kula, plomba, śrut) jest cięższy od wody, a drzewo lub korek od niej lżejsze, ponieważ kula ołowiana tonie, a drzazga lub korek od butelki pływają, będąc rzucone na wodę. Ale przecież ziarnko śrutu (ołów) jest lżejsze od szklanki wody, a belka drewniana od niej cięższa. Co więc w takim razie mamy na myśli, co chcielibyśmy wyrazić, mówiąc ogólnie, iż ołów jest cięższy od wody, a woda od drzewa? Zupełnie jasno będziemy mogli zdać sobie z tego sprawę, jeśli postaramy się wziąć trzy wymienione ciała, chociaż w przybliżeniu, *w objętości jednakowej*, np. po jednym kubku śrutu, wody i opilek drzewnych. Wtedy nawet bez posługiwania się wagą zauważymy, bo wyczujemy zapomocą naszych mięśni, że ołów, woda i drzewo wzięte w tej samej objętości mają jednak *różne ciężary*, a mianowicie śrót (ołów) jest cięższy od drzewa, a drzewo lżejsze od wody.

A więc, gdy mówimy w sposób wyżej podany o ciężarach takich ciał, w rzeczywistości zawsze mamy na myśli tylko ciężary ich, odpowiadające tej samej objętości.

Przypuśćmy, że objętość prostopadłościennej brylki mosiądzu, którą poprzednio wymierzaliśmy (patrz str. 35), wynosi 10 cm^3 ; ciężar zaś jej całkowity równa się 84 gr. Dzieliąc 84 gr. przez 10, dowiemy się, ile waży 1 cm^3 mosiądzu, czyli jednostka objętości tego ciała. Z podzielenia 84 przez 10 wypada 8,4. Liczba ta oznacza, że każdy cm^3 mosiądzu waży 8,4 gr. Nazywamy ją ciężarem właściwym mosiądzu, zapisując $8,4 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$, dzieliłiśmy bowiem liczbę gramów przez liczbę centymetrów sześciennych.

1 cm^3 wody destylowanej w 4°C , jak wiemy z poprzedniego (patrz str. 20), waży 1 gram, wobec tego ciężar



właściwy wody wynosi według powyższego $1 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$. Postępując podobnie z prostopadłościenną bryłką, np. drzewa jodłowego, t. j. określając jej objętość i ciężar całkowity, a potem dzieląc liczbę gramów przez liczbę cm^3 , znaleźlibyśmy, że każdy centymetr sześcienny drzewa jodłowego waży 0,5 gr, a więc tyle samo właśnie wynosi jego ciężar właściwy. Dla ołowiu według tego sposobu postępowania wypadłby ciężar właściwy około $11,4 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$. Te wszystkie liczby, oznaczałyby ciężary różnego rodzaju ciał, mających jednak tę samą objętość (równą 1 cm^3), dlatego też takie liczby mówiłyby nam o ciężarze właściwym tych ciał.

Ponieważ w poprzednich ćwiczeniach (patrz str. 22) oznaczyliśmy na początku ciężary kilku ciał stałych i płynnych a potem ich objętość (patrz str. 35, 36), więc pozostanie nam tylko podzielić liczby gramów (ciężary) przez liczby cm^3 (odpowiadające im objętości), a obliczymy tym sposobem ciężar właściwy każdego z nich z osobna. *Ciężar właściwy jest to więc ciężar materji, zawarty w 1 cm^3 .*

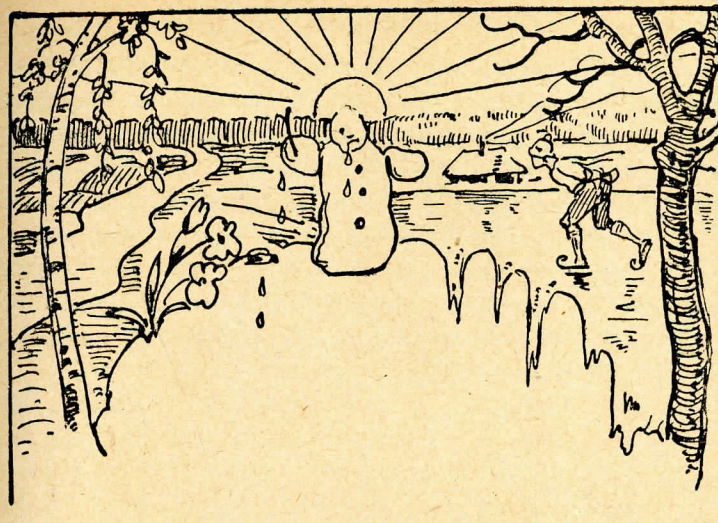
Zadania. 1. Co jest cięższe: kilogram puchu, czy kilogram żelaza? Dlaczego powiadamy, że żelazo jest cięższe od puchu?

2. Ciężar właściwy oliwy = 0,8 gr. w 1 cm^3 . O ile gramów wobec tego szklanka (patrz str. 35) oliwy byłaby lżejsza od takiejże szklanki z wodą?

3. Czy mógłbyś podnieść do góry 1 metr sześcienny korka, jeżeli jego ciężar właściwy wynosi 0,2 gr. w 1 cm^3 ?

4. Ileby ważył metr sześcienny wody?

5. Ciężar właściwy lodu = 0,92 gr. w 1 cm^3 . Ile waży wobec tego 1 metr sześcienny lodu? O ile jest on lżejszy od 1 metra sześciennego wody?



II. CIEPŁO.

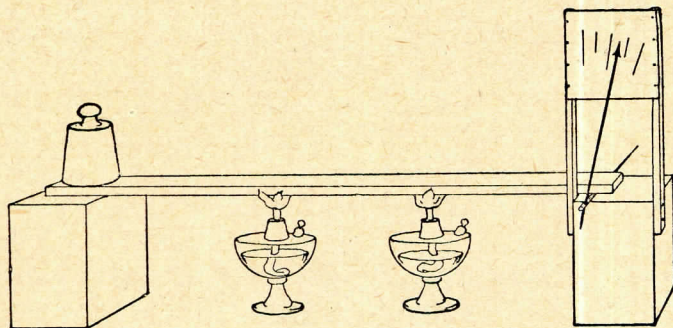
ZMIANA WYMIARÓW CIAŁ PRZY OGRZEWANIU I OZIEBIANIU.

Kawałek lodu lub śniegu chłodzi nas, woda gorąca, płomień świecy grzeje lub parzy. Z wrażeniem ciepła i zimna zapoznajemy się już od najwcześniejszych lat naszego życia. Czy jednak ciepło dostarczone lub pobrane może wywołać tylko pewne uczucia w nas samych, czy ciała w naturze nie ulegają też przy ogrzewaniu lub oziębianiu pewnym zmianom? Przecież żelazo pod wpływem ciepła mięknie, nabiera koloru czerwonego (żarzy się), woda zaczyna wrzeć, lód się topi i t. p.

Otóż, chcąc stopniowo poznać różne zmiany, zachodzące w ciałach pod wpływem ciepła, zacznijmy od najprostszych, a więc od wpływu ciepła na wymiary każdego ciała.

ROZSZERZANIE SIĘ CIAŁ STAŁYCH.

Oprzyjmy sztabkę metalową (rys. 30) długości co najmniej 30 cm. na dwóch słupach drewnianych, przyczem jeden jej koniec przyciśnijmy ciężarkiem, pod drugi zaś podłożmy wpoprzek dużą igłę, uchem ku przodowi zwróconą. Gdybyśmy teraz przesunęli sztabkę po igle, to igła, popychana zgóry przez sztabkę, zaczęłaby się wkoło obracać. Ale przy powolnym ruchu sztabki i igły moglibyśmy obracania się igły nie zauważyć. Dla uwidocznienia ruchu igły, pod wpływem przesuwającej się na niej sztabki,



Rys. 30.

należy przykleić lakiem do uszka igły lekki pręcik, a wtedy nawet drobne poruszenie się igły wywoła już bardzo widoczny ruch pręcika.

Im dłuższa jest wskazówka, tem wyraźniejsze będzie jej działanie. (Porównaj rysunek 31). Nadawszy wskazówce położenie pionowe, podstawiamy pod sztabkę dwa palniki spirytusowe. Po paru minutach odrazu zauważymy, że wskazówka przechyliła się wyraźnie na prawo. Widocznie igła musiała się obrócić, skoro wskazówka, do niej przyklejona, zmieniła swoje położenie. Sztabka podczas ogrzewania wydłużała się, przesuwając się po igle.

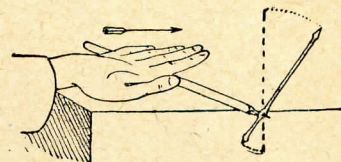
wając się po leżącej pod nią igle i tem samem wprowadzając ją w ruch, a także i wskazówkę z nią złączoną. A więc w ten sposób przekonaliśmy się, że ciało (metal w danym przykładzie) przy ogrzewaniu wydłuża się.

Zamieniając sztabkę żelazną, poprzednio używaną, na mosiężną i zwracając pilną uwagę na wielkość odchylenia wskazówki na tle podstawionego papieru, doszlibyśmy do przekonania, że sztabka mosiężna tej samej długości i grubości oraz ogrzewana przez ten sam przeciąg czasu wydłuża się bardziej od żelaznej.

Robiąc inne podobne doświadczenia, dowiedzielibyśmy się, że różne metale rozmaicie się wydłużają a z pośród nich najsilniej ołów, cynk, aluminium, potem mosiądz i wkońcu żelazo.

Gdy po jakimś czasie ogrzewania sztabki odśuniemy palniki, wówczas sztabka zacznie się kurczyć, czyli koniec jej wolny, nie naciśnięty ciężarkiem, poruszać się będzie w przeciwnym kierunku, niż przed chwilą, a więc i igła ze wskazówką obróci się teraz w kierunku lewym.

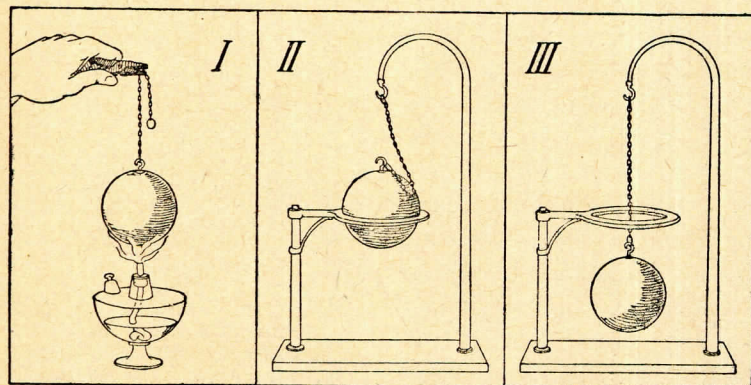
Nie sądźmy jednak, żeby pod wpływem ogrzewania tylko długość ciał ulegała zmianie. Naprzykład mamy przed sobą kulę i pierścień (rys. 32. I, II, III), przez który kula w zwyczajnej temperaturze swobodnie przechodzić może. Jeżeli teraz ogrzejemy kulę nad palnikiem, to kula się w pierścieniu zatrzyma, co będzie wskazówką, że jej obwód i objętość wzrosły, a więc ciała ogrzewane nie tylko wydłużają się, lecz rozszerzają się wogóle we wszystkich kierunkach.



Rys. 31.

Ruch ręki i ołówka wyjaśnia ruchy sztabki i igły na rys. 30. Im dłuższa jest wskazówka, tem łatwiej zauważyć wyżej wspomniane ruchy.

Pozostawiając kulę na jakiś czas w pierścieniu, przekonamy się, że gdy ostygnie, a więc i skurczy się, to swobodnie przez pierścień przeleci i zawisnie na łańcuszku (rys. 32, III). Pierścień, będący czasowo w zetknięciu z kulą, także się rozgrzał, co wpłynęło na jego powiększenie, a więc tem bardziej ułatwiło ostygającej i kurczącej się kuli przejście przez otwór. Czy jednak nie można było wywołać zatrzymania się kuli w pierścieniu bez ogrzewania jej samej? Pomyślcie nad tem,



Rys. 32.

coby się stało, gdybyśmy, nie ogrzewając kuli, sam tylko pierścień silnie oziębili, na przykład wkładając go do mieszaniny lodu z solą, jakiej się używa przy wyrabianiu lodów. Czy kula przez taki pierścień przechodziłaby również łatwo?

W doświadczeniu ze sztabką była mowa o tem, że różne metale przy jednakowej początkowej długości dają rozmaite wydłużenia, t. j., że jedne w tych samych warunkach ogrzewania rozszerzają się więcej, drugie mniej. Ale np. dwie żelazne sztabki niejednakowej długości (jedna

dwa razy dłuższa od drugiej), ogrzane jednakowo, czy też dałyby takie samo całkowite wydłużenie? (odpowiadające równie wielkiemu odchyleniu wskazówki). Naturalnie, że nie. Wszak każdy centymetr żelaznego pręta czy sztabki przedłuża się jednakowo w tych samych warunkach ogrzewania, a więc na całkowite przedłużenie np. metra żelaznego (100 cm.) złoży się 100 pojedynczych, jednakowych



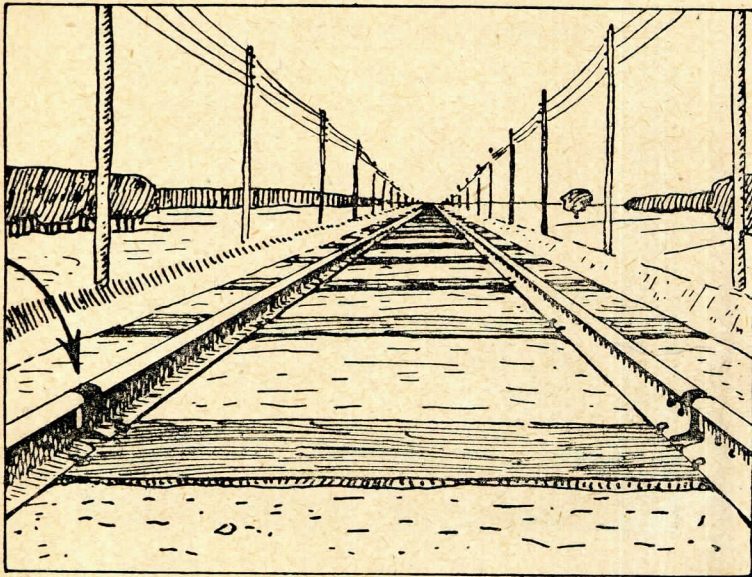
Rys. 33.

przedłużeń poszczególnych centymetrów, czyli metr wydłuży się 100 razy więcej, niż 1 centymetr. Jednem słowem, ciała przy ogrzewaniu rozszerzają się, przy ostyganiu kurczą, a ogólna wielkość tych zmian objętości lub długości zależy nie tylko od materiału, z którego są one zrobione, lecz i od ich początkowych rozmiarów.

Jednakże dlatego, żeby stwierdzić rozszerzanie się

ciał, niekoniecznie musimy poprzestawać na doświadczeniach, podobnych do wyżej wskazanych. Wiele przykładów, zaobserwowanych w życiu codziennem, może nas również o tem samym przekonać.

W jaki sposób kowal nasadza żelazną obręcz na koło? Czy tylko przybija gwoździami? A jednak obręcz bardzo mocno na kole się trzyma. Przytoczony rysunek 33,



Rys. 34.

sprawę tę wyjaśnia. Najpierw obręcz (o średnicy wewnętrznej cokolwiek mniejszej od koła) zostaje silnie rozgrzana i w tym stanie dopiero niezwłocznie (bo inaczejby na koło nie weszła) osadzona na kole. Gdy następnie ostygnie, to kurcząc się, przylgnie szczelnie do koła.

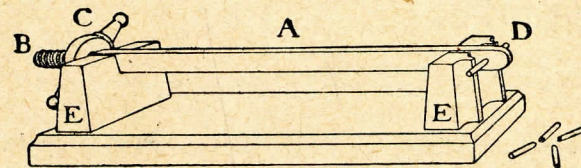
Podobnie dusza nierozgrzana w żelazku do prasowania porusza się swobodnie, a po rozgrzaniu w piecu wypełnia je szczelnie.

Również nietrudno się domysleć, dlaczego to druty telegraficzne podczas lata, a szczególnie w czasie upałów, zwisają nieco ku dołowi, przeciwnie zaś, prostują się, nawet pękają (bo stały się krótszemi) w zimie, a osobiwie przy dużych mrozach.

Wiemy też, że szyny kolejowe nie przylegają końcami bezpośrednio do siebie, lecz dzieli je przestrzeń (rys. 34) wolna, pozwalająca im wydłużać się swobodnie. Gdyby odrazu przy układaniu szyny stykały się końcami to każde wydłużenie ich, spowodowane wzrostem temperatury, wywołując wzajemny ucisk, sprawiałoby zginanie się szyn, co łatwo mogłoby się stać przyczyną wykolejenia pociągu.

ROZSZERZALNOŚĆ A SIŁA.

W piecach i paleniskach rusztom, drzwiczkom i innym częściom metalowym powinna być zapewniona swo-



Rys. 35.

boda rozszerzania się, bo inaczej albo same się pogną albo wywołają pęknięcia w murach, w których są osadzone, ponieważ części te przez rozszerzanie się, lub kurczenie, pokonaćby mogły olbrzymi nawet opór.

Na rys. 35. widzimy przyrząd, który pozwala przekonać się o tej sile w zastosowaniu np. do żelaza. Na dwóch masywnych podporach E,E spoczywa gruba żelazna sztaba BD, której jeden koniec B jest zaopatrzony w na-

cięcie śrubowe i obracającą się na nim rączkę C; drugi koniec D posiada otwór, przez który przetykamy pręcik z lanego żelaza o grubości około 1 cm.

Sztabę BD wyjmujemy z podstawek E,E i, oparłszy na dwóch zwyczajnych trójnogach, mocno ogrzewamy w ciągu mniej więcej kwadransa, podstawiając parę palników pod jej część środkową A. Następnie włożywszy sztabkę zpowrotem do podstawek E,E i przetknąwszy pręcik z żelaza na końcu jej D, przykręcamy rączkę C jak najsilniej. Teraz polewamy chłodną wodą część sztaby A.

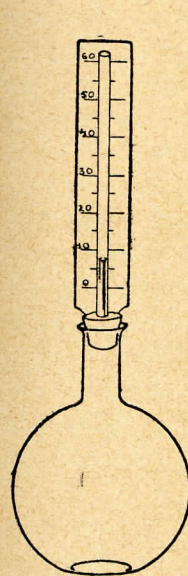
Cóż wtedy zachodzi? Naturalnie sztaba zaczyna się kurczyć, t. j. stawać się krótszą, ale przeszkadza jej w tem pręcik na końcu D; to też wkrótce z trzaskiem zostaje on złamany, pomimo przecież znacznej grubości. Wskazuje to na potęgę, jaką ciało ujawnić może przy zmianie swych wymiarów pod wpływem ogrzewania. A więc, czy te wymiary maleją (przy oziębianiu), czy też wzrastają (przy ogrzewaniu), ciała zmieniają je z siłą ogromną, krusząc nawet bardzo znaczne przeszkody, stawiane im przez otoczenie.

ROZSZERZALNOŚĆ CIECZY.

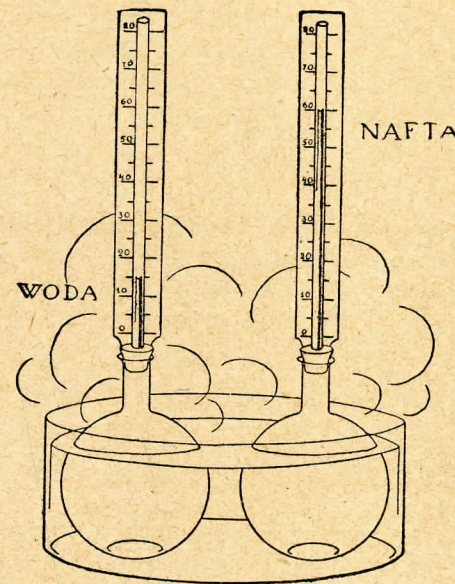
Dotąd mówiliśmy o tem, jak się rozszerzają lub kurczą ciała stałe; przejdźmy teraz do cieczy. Ciecze, jak wiemy z poprzedniego, nie posiadają własnego kształtu, to też nie mówimy wogóle o ich wydłużaniu się, lecz tylko o zmianie objętości.

Bierzemy dwie kolbki (każda o pojemności około 100 cm.³), jedną z nich wypełniamy wodą, drugą np. naftą. Płyn powinien dochodzić prawie do końca szyjki tak, żeby po zamknięciu butelki korkiem z rurką, przezeń przechodzącą, mógł się w niej podnieść ponad górny brzeg korka na wysokość mniej więcej 5 cm. (jak na rys 36). Jeśli teraz obydwie kolbki, zatłkane korkami, zaopatrzonemi

w rurki, i zawierające wodę i naftę w temperaturze pokojowej, przeniesiemy do naczynia z wodą gorącą (rys. 37), to zauważymy, że woda (zabarwiona czerwonym lub fioletowym atramentem) i nafta zaczynają się po chwili podnosić; widocznie objętość ich powiększa się pod wpływem ciepła. Przy dłuższem ogrzewaniu, o ile woda w sze-



Rys. 36.



Rys. 37.

rokiem naczyniu była dostatecznie gorąca, a rurka osadzona w korku niezbyt długa, możemy doczekać się wypełnienia całej rurki przez ciecz, a nawet wylewania się nazewnątrz. Zajdzie to prędzej dla nafty, niż w kolbce, wypełnionej wodą, z czego wnosimy, że przy takim samym ogrzewaniu nafta rozszerza się bardziej, niż woda.

Gdybyśmy odrysowali sobie, zmniejszając znacznie

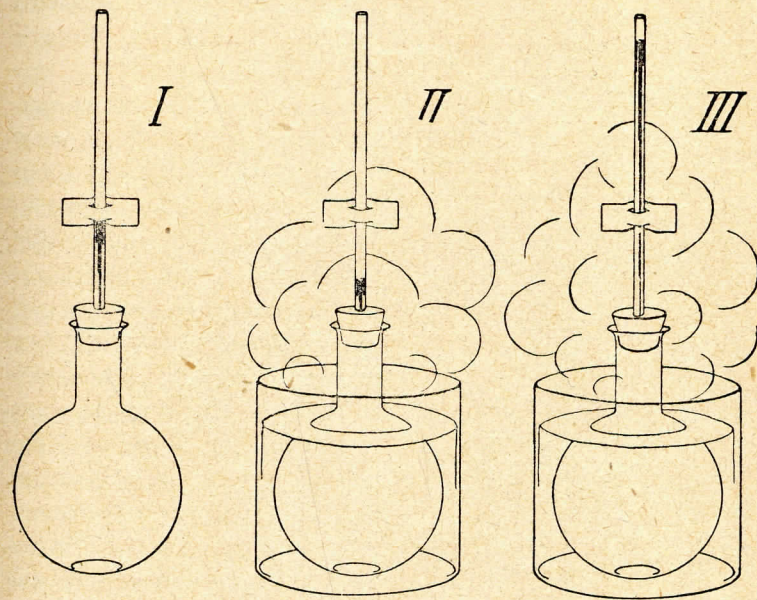
wymiary, jedno z użytych w tym celu naczyń, to rysunek nasz przypominałby nam pewien przyrząd, często używany, mianowicie termometr; do opisu termometru wkrótce przejdziemy, ponieważ on ma dużo wspólnego z powyższem doświadczeniem.

ROZSZERZANIE SIĘ NACZYNIA.

Gdy, przerabiając podobne doświadczenia, będziemy obserwowali podnoszenie się słupka cieczy, wypełniającej kolbkę, to nie powinniśmy zapominać o tem, że tu przecieź rozszerza się nie tylko ciecz, lecz także i samo naczynie, t. j. kolbka (szkło), w której płyn się znajduje. Dłaczegóż jednak, pomimo że naczynie wskutek ogrzewania staje się większe (bo się rozszerza), dla cieczy to powiększenie pojemności nie wystarcza, i ciecz szuka sobie jeszcze przestrzeni nowej, którą znajduje w rurce, podnosząc się w niej coraz wyżej? Otóż najwidoczniej ciecz rozszerza się silniej, niż materiał (szkło) naczynia, w którym jest umieszczona. Twierdzenie to wyda się słuszniejszym, gdy przerobimy to samo doświadczenie raz jeszcze w celu poznania innej cechy tego zjawiska, która w pierwszej chwili mogła łatwo pozostać niedostrzeżona.

A więc, wzięwszy jeszcze raz kolbkę z naftą o pokojowej temperaturze, zatkanej korkiem z rurką (jak poprzednio), zaznaczymy sobie położenie końca słupka cieczy w rurce przez nałożenie na nią papierka, jak to wskazuje rysunek 38, a wtedy pilnie obserwujmy, co się stanie z górnym końcem tego słupka w tej chwili, gdy kolbkę zanurzać poczniemy do wody gorącej. Otóż słupek przy zanurzaniu kolbki do wody najpierw opada nadół, a potem dopiero zaczyna się szybko wznosić ku górze. Na cóż to wskazuje? W chwili zanurzenia najpierw ogrzewa się tylko naczynie, bo ono pierwsze bierze ciepło z wody i przez to powiększa swoją

objętość wtedy, gdy ciecz nie zdążyła się jeszcze ogrzać, a więc i rozszerzyć. W takiej chwili ciecz, dążąc do zająć całej dolnej części naczynia, obecnie cokolwiek przez ogrzanie powiększonego, musi się częściowo wycofać z rurki, i dlatego poziom jej w rurce opada. Za chwilę jednak ciepło dopływa i do samej cieczy, która teraz podnosić



Rys. 38.

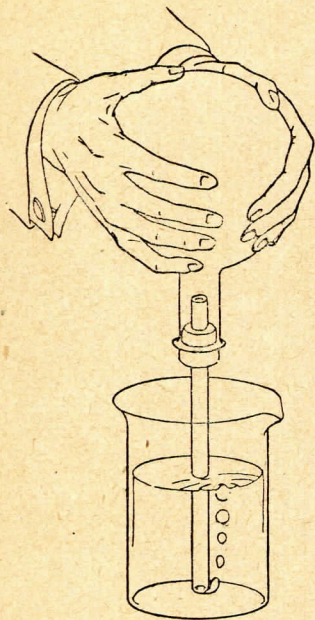
się zaczyna w rurce, bo przyrost pojemności samego naczynia jej nie wystarcza.

Czegóż nauczyły nas te dwa ostatnie doświadczenia? Po pierwsze, że gazy powiększają swoją objętość przy ogrzewaniu, podobnie jak to zauważyliśmy już u ciał stałych (przy oziębianiu, naturalnie, zachodzi wprost przeciwna zmiana, czyli kurczenie się ich); po drugie, ciała

stałe rozszerzają się w tych samych warunkach znacznie mniej, niż ciecze, i po trzecie rozszerzalność rozmaitych cieczy jest różna.

ROZSZERZANIE SIĘ GAZÓW.

Dla przekonania się, czy i w jakim stopniu zmienia się objętość gazów pod wpływem ciepła, spróbujemy zrobić następujące proste doświadczenie. Mianowicie, weźmy kolbę (około 500 cm³) i zatknijmy ją korkiem, zaopatrzonym w przechodzącą przez nią rurkę. W danej chwili kolbka i rurka zawierają tylko powietrze. Gdybyśmy ogrzali tę kolbkę, to jednak zwiększenia objętości zawartego w niej gazu niepodobna byłoby zauważyć, bo gaz, uchodzący z rurki i rozplywający się w otaczającym powietrzu, nie mógłby być przez nas dostrzeżony. Poradzimy sobie inaczej. Odwróciwszy ową kolbkę dnem do góry, zanurzamy koniec rurki (rys. 39) w naczyniu z wodą. Wystarcza teraz ujęcie w dłoń samej kolbki, żeby gaz z niej zaczął czę-

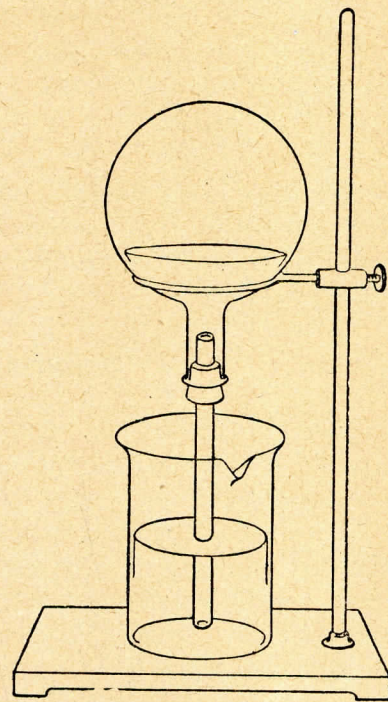


Rys. 39.

ściowo uchodzić w postaci pęcherzyków z powodu rozszerzania się pod wpływem nawet tak nieznacznego ogrzania, jak ogrzanie ciepłem ręki. Gdy dla wywołania znaczniejszego, łatwiej dostrzegalnego rozszerzania się kuli (ciało stałe) trzeba było ją ogrzewać czas dłuższy płomieniem palnika, w przypadku cieczy (patrz wyżej)

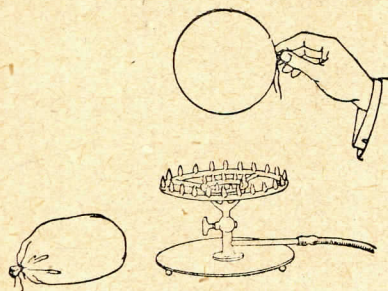
wystarczała woda gorąca, jako środek ogrzewający, a obecnie dla zaobserwowania zwiększenia objętości gazu w ostatnim przykładzie już samo ciepło ręki staje się źródłem ciepła zupełnie wystarczającym. Wnosimy stąd, że ciała stałe w tych samych warunkach rozszerzają się (i kurczą) najmniej, ciecze więcej, a gazy najwięcej.

Naturalnie, gdybyśmy kolbę zaczęli nawet tylko zlekka ogrzewać palnikiem, przelatywanie pęcherzyków gazu przez wodę zachodziłoby znacznie żywiej, co też wskazywałoby na większe wzrastanie objętości gazu pod wpływem silniejszego, niż poprzednio, dopływu ciepła. Można to wypróbować, ogrzewając kolbę lampką spirytusową, którą należy poruszać w różnych kierunkach, żeby od grzania w jednym tylko miejscu naczynie nie pękło.



Rys. 40.

Nie wyjmując rurki z naczynia z wodą, przerwijmy ogrzewanie kolby. Gaz wkrótce przestaje uchodzić z flaszki, przeciwnie, woda teraz zaczyna przenikać do rurki, podnosząc się w niej coraz wyżej, i wkońcu wchodzi do samej butelki. Niewątpliwie nastąpiło to wskutek ostygnięcia gazu (powietrza) i związanego z tem kurczenia się jego objętości (rys. 40).



Rys. 41.

zaokrągla się coraz bardziej, gdy go jakiś czas potrzymamy nad płomieniem. Przy ostygnięciu zaś zmniejsza swą objętość, kurczy się, i zmarszczki występują na nim zpowrotem (rys. 41).

TERMOMETR.

Termometr, jak wiemy z życia codziennego, służy nam do wyznaczania stopnia ogrzania ciała albo temperatury.

Czy jednak nie daloby się obejść i bez niego? Wszak czujemy doskonale i bez termometru, kiedy na dworze lub w pokoju jest ciepło lub zimno, kiedy piec w pokoju jest mniej lub więcej napalony. Ale oto dwóch ludzi, znajdujących się w tym samym pokoju, jest różnego zdania o jego temperaturze. Wtedy, gdy jeden utrzymuje, że jemu jest ciepło, drugi narzeka na zimno. W jednej ręce potrzymajmy jakiś czas lód, a drugą w tym czasie przyłożymy do gorącego pieca; jeśli teraz obydwie ręce jednocześnie włożymy do wody letniej, pokojowej, to dla tej, co trzymała lód, wyda się ta woda ciepłą, dla drugiej zaś, która dotykała pieca, taż sama woda będzie robiła wrażenie chłodnej. Znowuż zatem opinie o temperaturze

Poza tem ciśnienie atmosferyczne, działające na swobodną powierzchnię wody w zlewce, zyskało tu przewagę nad ciśnieniem stygnącego gazu i przez to wtłoczyło wodę do części kolby.

Z tej samej racji balonik pomarszczony

nawet tej samej osoby będą sprzeczne. Znaczy to tylko, że zmysłom naszym w tym wypadku niebardzo ufać możemy.

A więc, jak dla określenia ciężarów ciał nie wystarczy brać do ręki i oceniać ich wielkość według wysiłku naszych mięśni, ale niezbędną jest rzeczą w takich razach uciec się do pomocy przyrządu zwanego wagą, tak samo i przy wyznaczaniu temperatury potrzebnym i niezastąpionym okazuje się termometr, który już nie narazi nas na takie nieporozumienia, o jakich przed chwilą była mowa.

A cóż to jest termometr? Jest to tylko rurka z podziałką, zakończona kuleczką lub wydłużoną bańką (rys. 42) i wypełniona częściowo płynem, często rtęcią lub spirytusem zabarwionym. Zmiany objętości cieczy, zawartej w termometrze, jak wiemy z poprzedniego, mogą nastąpić tylko z powodu zmian temperatury termometru i ciał, które go w danej chwili otaczają. Właśnie takie zmiany objętości rtęci lub innego płynu w termometrze pozwalają nam wyznaczyć temperaturę i zaobserwować w przeciągu jakiegoś czasu, czy ona wzrasta, czy też się obniża.

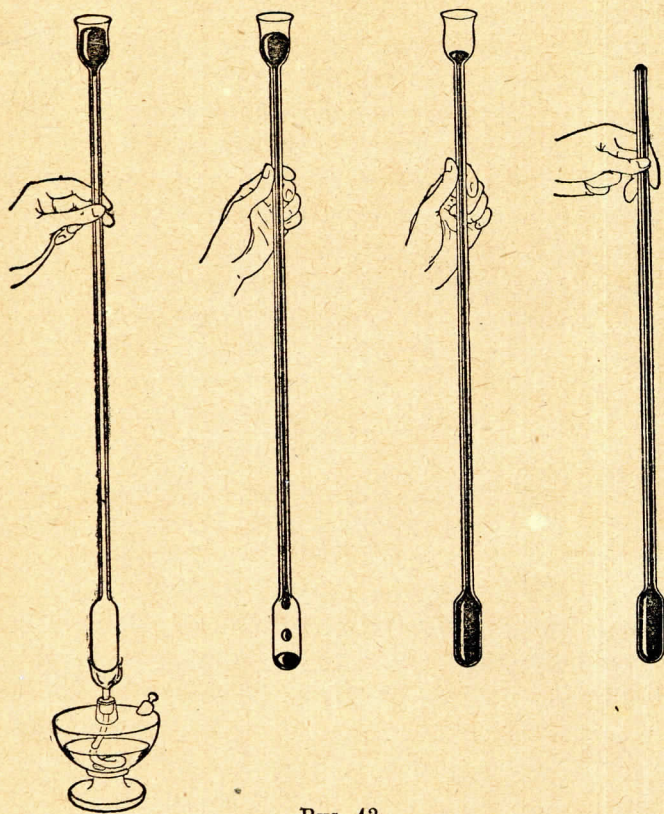
SPORZĄDZANIE TERMOMETRU.

W rurkach, przedstawionych na rys. 43, widzimy u góry zaokrąglony lejek, który z początku częściowo wypełniamy np. rtęcią. Zdałoby się, iż powinna ona odrazu przelać się do dolnego zbiornika, wypełniając go całkowicie; jednak stoi temu na przeszkodzie zbyt



Rys. 42.

wąski kanał, łączący lejek z kuleczką lub banieczką u dołu. W rurce i wogóle w całym termometrze jest jeszcze obecnie powietrze. Aby mogła wejść do banieczki rtęć, musi



Rys. 43.

się z niej przedtem wycofać powietrze, które ją dotąd całkowicie wypełniało. Ale dla jednoczesnego wchodzenia rtęci i wychodzenia powietrza kanał w rurce jest za wąski; wszak przez ciasne drzwi niemożliwą jest rzeczą wchodzić i wychodzić jednocześnie.

Otóż dla poradzenia sobie w tym wypadku musimy skorzystać z rozszerzalności i kurczenia się gazu, jakie poznaliśmy w jednym z ostatnich doświadczeń (patrz rys. 39 i 40). W tym celu ogrzewamy banieczkę termometru; wtedy powietrze, rozszerzając się pod wpływem ciepła, wychodzi poprzez rtęć w lejku nazewnątrz naczynia. Po chwili przerywamy ogrzewanie, odsuwając sporządzony termometr od palnika, a wtedy zajdzie to, cośmy już obserwowali przy kurczeniu się gazu (rys. 40). Gaz zmniejsza swą objętość z powodu ostygnięcia, umożliwia teraz wejście do przyrządu samej rtęci, popychanej w głąb naczynia przez ciśnienie atmosferyczne, działające na jej swobodną górną powierzchnię w lejku. Wlewanie się z tego powodu rtęci do banieczki termometru widzimy na załączonym rysunku (rys. 43). Powtarzając takie ogrzewanie kuleczki termometru z następującem po niem ostygnięciem po kilka razy, dochodzimy do tego, że wnętrze rurki termometrycznej zapęlnia się całkowicie rtęcią.

Teraz rurkę po odcięciu górnego lejka należy zalutować, ale w taki sposób, żeby nie pozostawić w niej powietrza, któreby utleniało rtęć i przeszkadzało przesuwaniu się słupka rtęciowego.

SPORZĄDZANIE SKALI.

Po zalutowaniu rurki musimy się zająć sporządzeniem podziałki, która dopiero umożliwi nam wyznaczanie temperatur. Termometr bez podziałki zdałby się nam tylko dla stwierdzania wzrastania temperatury lub jej opadania, nie moglibyśmy jednak nigdy powiedzieć, ilu tak zwanym stopniom ona odpowiadać może. Zanim jednak przystąpimy do rozważenia sposobu sporządzania właściwej skali termometrycznej, zróbmy dwa następujące doświadczenia.

Nasz niewykończony jeszcze termometr zanurzymy do topniejącego drobno potłuczonego i czystego lodu, umieszczonego w lejku, jak wskazuje załączony rysunek (rys. 44). Naturalnie rtęć zaczyna szybko opadać z powodu zmniejszenia się jej objętości; rurka w termometrze naszym powinna być dostatecznie długa, żeby jednak przy tem opadaniu rtęć nie schowała się nam do samej banieczki. Po chwili słupek rtęci w rurce zatrzymuje się i, byle tylko dokładać lodu (woda otrzymana ze stopienia odpływa dołem do podstawionej zlewki), położenie rtęci nie ulegnie już dalszej zmianie. Wnosimy stąd, że temperatura rtęci pozostaje niezmienną, bo wszak z poprzedniego wiemy, iż każda zmiana temperatury ciała pociąga jednocześnie za sobą również i zmianę objętości jego.

Miejsce, gdzie się w tym wypadku zatrzymała rtęć w rurce termometru, zaznaczamy kreską; jest to jeden z tak zwanych stałych punktów podziałki albo skali termometrycznej.

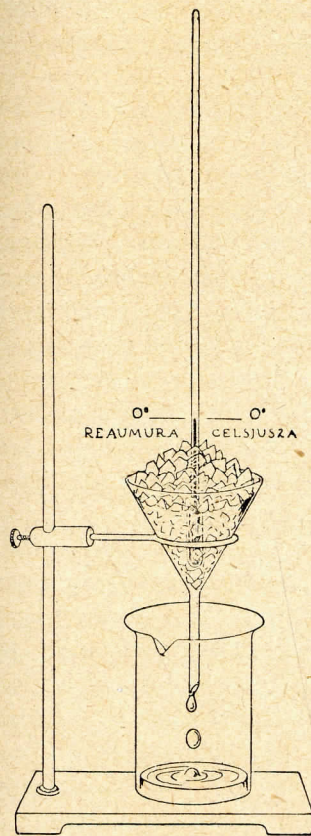
Gdybyśmy teraz termometr umieścili w parze wody wrzącej tak, jak to pokazano na rysunku 45, to objętość rtęci zaczęłaby się powiększać, i słupek jej szedłby szybko do góry, ale też wkrótce zatrzymałby się i, pomimo dalszego ogrzewania wody, położenie jego nie ulegałoby zmianie. Znowuż jest to tylko dowodem, że mamy tu do czynienia z pewną stałą temperaturą.

Obecne położenie słupka rtęci oznaczamy także kreską i nazywamy ją podobnie drugim stałym punktem skali termometrycznej.

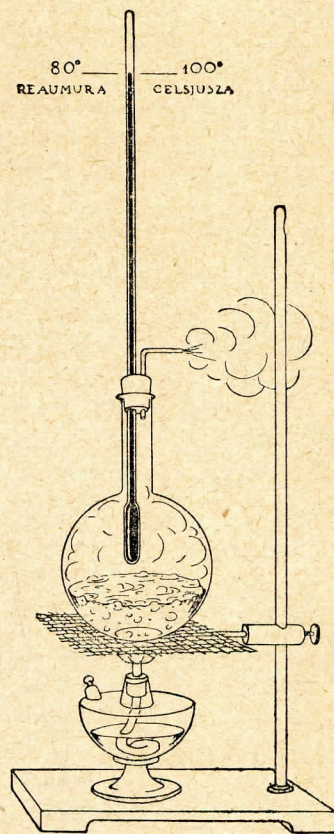
Takie dwa punkty stałe moglibyśmy oznaczyć literami lub liczbami jakimikolwiek (byle wszyscy temi samemi), w każdym razie sam sposób oznaczenia miałby tu znaczenie podrzędne.

Mniej więcej niecałe dwieście lat temu dwaj wy-

lażcy dzisiejszego termometru, Réaumur i Celsjusz, oznaczyli punkt, odpowiadający temperaturze topnienia lodu.



Rys. 44.



Rys. 45.

liczbą zero (0), a przy drugim pozostałym (punkt wrzenia wody) umieścił Réaumur liczbę 80, a Celsjusz — 100. Poza tem odległość między temi punktami pierwszy po-

dzielił na 80, drugi na 100 równych części, nazywając je stopniami *).

W naukowych badaniach zwykle jest używany termometr Celsjusza, a w życiu codziennem, np. u nas, przeważnie termometr Réaumura (rys. 46).



Rys. 46.

Termometr pokojowy. Skalę na tym termometrze sporządzamy przez porównanie go z 80-io stopniowym termometrem Réaumura.

Temperatury w czasie odwilży (topnienie lodu). Skąd więc bierzemy skalę do ich wyznaczenia? W tym celu takie same działki, jakie wypadły na termometrze pomiędzy punktami stałymi, odkładamy powyżej i poniżej tych punktów,

*) Nie przy wszystkich stopniach piszemy liczby, lecz co każdy dziesiąty; każdą piątą kreskę robimy cokolwiek dłuższą, a każdą dziesiątą jeszcze dłuższą (patrz rys. 42).

Z poprzedniego widać, że stopnie Réaumura i Celsjusza nie są jednakowo wielkie, mianowicie pierwsze większe od drugich. Skoro 80 stopni Réaumura odpowiada 100 stopniom Celsjusza, to jednemu stopniowi Réaumura odpowiada $\frac{100}{80} = \frac{5}{4}$, czyli $\frac{5}{4}$ stopni Celsjusza ($1\frac{1}{4}$), i odwrotnie jeden stopień Celsjusza równa się $\frac{4}{5}$ stopnia Réaumura. Te zależności musimy wziąć pod uwagę, jeśli temperaturę jakiegokolwiek ciała, wyznaczoną zapomocą jednego z tych termometrów, będziemy chcieli zamienić na stopnie drugiego.

Tak więc umieszczony w parze wody wrzącej termometr Celsjusza będzie wskazywał 100 stopni, gdy obok niego znajduje się termometr Réaumura tylko 80.

Istnieją jednak temperatury wyższe od temperatury wrzącej wody, które przecież można jeszcze zbadać przy pomocy termometru; również i podczas mrozów mamy temperatury znacznie niższe od

odpowiednio je numerując. Stopnie poniżej zera oznaczamy znakiem minus (licząc je w kierunku zgóry na dół) dla odróżnienia od takich samych liczb powyżej zera (tak zwanych stopni ciepła) i nazywamy je stopniami mrozu lub zimna, albo najwłaściwiej stopniami poniżej zera.

Dla zaznaczenia, że dana liczba wyraża ilość stopni, stawiamy przy niej u góry małe zero, a obok niej literę dużą C lub R, zależnie od tego, jaką w danym wypadku posługujemy się skalą. Np. 20°C , -15°R wymawiamy: dwadzieścia stopni Celsjusza powyżej zera (albo dwadzieścia stopni ciepła według skali Celsjusza) i piętnaście stopni Réaumura poniżej zera (lub piętnaście stopni mrozu czy zimna według Réaumura). Określenie zawarte w słowach: siedem stopni ciepła, czy też siedem stopni zimna, to tylko sposób wyrażania się, ponieważ samo tak zwane zimno nie jest niczem innem, jak tylko niższym stopniem ciepła, który został wywołany zwiększonym wpływem tegoż. Wszak, gdy w pokoju mamy 8°R , powiadamy, że jest nam zimno, chociaż termometr wskazuje 8 tak zwanych stopni ciepła. Ciało nasze w tym wypadku traci więcej ciepła, niż na przykład w pokoju o temperaturze 15°R , stąd wrażenie zimna. Tak samo i zero (na termometrze) nie jest żadną istotną granicą pomiędzy ciepłem a zimnem, lecz tylko dowolnie zostało wprowadzone dla prostszego rozróżniania temperatur wyższych i niższych.

Zadania. 1. W dwóch szklankach wody mamy dwa różne termometry (jeden Celsjusza, drugi Réaumura). Obydwa wskazują 30° powyżej zera. Która woda jest chłodniejsza?

2. Dziś mamy na dworze pięć stopni poniżej zera (-5°C), wczoraj zaś mieliśmy pięć stopni zimna, ale według skali Réaumura (-5°R). Kiedy mróz był większy?

3. Zamienić 20°R na skalę Celsjusza.

Rozwiązanie. Stopni powyżej zera zwykle nie oznaczamy znakiem $+$, tylko dla stopni, odpowiadających temperaturze poniżej tego punktu zachowujemy znak $-$. A więc tutaj mamy do czynienia z tak zwanymi 20 stopniami ciepła według skali Réaumura; stanowią one $\frac{1}{4}$ odległości między punktami stałymi podziałki termometrycznej. Czwarta zaś część skali Celsjusza wynosi 25°C , czyli 20°R odpowiada 25°C .

Albo inaczej: 1°R , jak wiemy z poprzedniego, równa się $1\frac{1}{4}^{\circ}$ ($\frac{5}{4}$) stopniom Celsjusza, stąd 20°R wynosi: $20 \cdot \frac{5}{4} = 25$, t. j. $20^{\circ}\text{R} = 25^{\circ}\text{C}$.

4. 37°C (temperatura naszego ciała) zamienić na skalę Réaumura.

Rozwiązanie. $100^{\circ}\text{C} = 80^{\circ}\text{R}$. A więc $1^{\circ}\text{C} = \frac{80}{100}^{\circ}\text{R} = \frac{4}{5}^{\circ}\text{R}$. Z tego wynika, że $37^{\circ}\text{C} = 37 \cdot \frac{4}{5} = 29\frac{2}{5}^{\circ}\text{R}$.

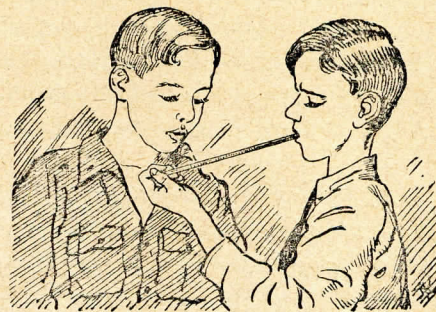
ĆWICZENIA Z TERMOMETREM.

1. Ujawszy termometr mniej więcej w połowie jego długości, odczytaj temperaturę przezeń wskazaną, zwracając również uwagę na to, czy masz do czynienia z termometrem Celsjusza czy Réaumura. Będzie to temperatura powietrza pokoju, w którym się znajdujesz (unikaj chuchania na kuleczkę termometru!). Trzymając w tym wypadku termometr, nie dotykaj palcami jego banieczki z rtęcią! Dlaczego? Bo w takim razie nie poznasz temperatury powietrza, lecz tylko własnego ciała.

Przy odczytywaniu temperatury należy trzymać oczy na poziomie rtęci w rurce termometru, bo jeśli oko będzie niżej tego poziomu, odczytamy temperaturę wyższą, niż w rzeczywistości wskazuje termometr. Gdyby zaś oko było powyżej końca słupka rtęciowego, temperatura wyznaczana byłaby niższa.

Z tej samej racji, obserwując czas na zegarze ściennym, rozpoznasz go fałszywie, gdy na tarczę zegara będziesz patrzył zukosa.

2. Ujawszy w dłoń banieczkę termometru (okrywając ją ręką dobrze ze wszystkich stron), obserwuj podnoszenie się słupka w termometrze, to jest podwyższanie się temperatury jego i zapisz temperaturę wtedy, gdy koniec słupka z a-



Rys. 47.

trzymać się w swoim ruchu. Będzie to znaczyło, że rtęć w termometrze ma taką samą temperaturę, jak i twoja ręka. Uczyni to samo, włożywszy termometr do ust (rys. 47).



Rys. 48.

3. Oznacz temperaturę wody w szklance, która dłuższy czas stała w pokoju, i porównaj ją z wyżej oznaczoną temperaturą pokoju (zad. 1).

4. Zagrzewaj wodę w zlewce, postawionej na siatce żelaznej.

Zmierz najwyższą temperaturę wody, w której jeszcze palec utrzymać możesz (rys. 48).

5. Weź dwie równe objętości wody, odmierzone przy pomocy menzurki i wlane do dwóch różnych zlewek. Jedna woda niech ma temperaturę pokojową (oznacz ją!), drugą ogrzej np. do 60°C , następnie połącz je razem i, po wymieszaniu pałeczką szklaną, oznacz temperaturę mieszaniny. Otrzymana temperatura powinna być równa średniej dwóch początkowych (pokojowej i ogrzanej).

6. Drobnio tłuczony lód (lub śnieg) włóż do większego lejka i zanurz w nim termometr (rys. 44); po chwili słupek powinien wskazywać zero, pozostając przy tej temperaturze przez cały czas istnienia lodu w lejku.

7. Drobnio tłuczony lód (lub śnieg) zmieszaj dobrze z solą ($\frac{1}{3}$ część soli) w zlewce i zanurz termometr. Ile stopni poniżej zera otrzymałeś? Stąd wniosek, że punkt zerowy skali termometrycznej można wyznaczać tylko przy pomocy lodu zupełnie czystego. Nawet kurz lub piasek mogą zawierać domieszki soli, które wpływają na obniżenie się temperatury topnienia lodu.

8. Oznaczając codziennie o tej samej godzinie temperaturę powietrza na dworze w ciągu miesiąca i dzieląc następnie sumę wszystkich w taki sposób otrzymanych temperatur przez ilość dni w miesiącu, oblicz tak zwaną średnią lub przeciętną temperaturę danego miesiąca dla miejscowości, w której mieszkasz.

Wybrawszy następnie inny miesiąc w innej porze roku i postępując tak samo, porównaj z kolei średnie temperatury, otrzymane dla tych dwóch miesięcy, należących do różnych pór roku. Przy oznaczaniu temperatury powietrza, termometr należy zawsze umieszczać w cieniu, w miejscu przewiewnym.

ZMIANA CIĘŻARU WŁAŚCIWEGO CIAŁ POD WPŁYWEM CIEPŁA.

W początkowych rozdziałach tej książki (patrz str. 38) mówiliśmy o tem, że ciężarem właściwym ciała nazywamy ciężar jednostki jego objętości, t. j. 1 cm^3 . A więc dla określenia ciężaru właściwego jakiegokolwiek ciała trzeba jego ciężar w gramach podzielić przez liczbę centymetrów sześciennych jego objętości. Iloraz z takiego podzielenia wskaże nam ciężar właściwy ciała. W tem działaniu dzielną jest ciężar całkowity, dzielnikiem — objętość, ilorazem — ciężar właściwy. Z arytmetyki wiemy, że *iloraz* zmniejszy się, gdy *dzielnik* wzrośnie przy tej samej dzielnej, i odwrotnie, nastąpi powiększenie *ilorazu*, gdy zmaleje *dzielnik*, a dzielna znowuż pozostanie niezmienną.

Właśnie te zależności przydadzą się nam i nastręczą ciekawe wnioski, gdy zastosujemy je do rozszerzania się ciał pod wpływem ogrzewania.

Gdy ogrzejemy kawałek żelaza, ciężar jego całkowity pozostanie bez zmiany, ale objętość, jak wiemy, ulegnie powiększeniu. A więc ciężar właściwy, jako iloraz z ciężaru całkowitego przez objętość, musi też ulec zmianie. Ciężar właściwy zmniejszyć się musi, ponieważ dla jego otrzymania dzielić trzeba tę samą, co i dawniej, dzielną (ciężar całkowity) przez powiększony obecnie dzielnik (zwiększoną wskutek ogrzania objętość). Przy oziębianiu, naturalnie, wynik będzie wręcz przeciwny: dzielnik maleje (objętość się kurczy), dzielna (ciężar całkowity) pozostaje bez zmiany, wobec tego iloraz, t. j. ciężar właściwy, odpowiednio wzrasta.

Wnosimy więc, że ciężar właściwy ciał zmienia się razem z ich temperaturą: maleje, gdy ona wzrasta, i powiększa się, kiedy ta się obniża. Szczególnie wyraźnie występuje ta zmiana ciężaru właściwego u gazów,

a nawet i u cieczy, gdzie zmiany objętości przy ogrzewaniu lub oziębianiu są dosyć znaczne.

Dla przekonania się o tej zmienności ciężaru właściwego, wywołanej zmianą lub wyższą temperaturą, zrobimy następujące, bardzo proste doświadczenie.

Bierzemy pustą suchą kolbę o pojemności około litra (lepiej z dnem okrągłym) i, ciągle nią poruszając nad palnikiem, ogrzewamy dosyć silnie, przez co część powietrza z kolby wypędzimy; następnie, zatkawszy kolbę szczelnym korkiem gumowym, równoważymy ją na czułej wadze. W ten sposób zważymy razem z kolbą i gorące powietrze, w niej zawarte.

Teraz, zdjawszy kolbę z wagi, wyjmujemy korek i czekamy, aż kolba całkowicie ostygnie. Gdy to nastąpi, wkładamy korek z powrotem do flaszki i stawiamy ją znowuż na talerzyku wagi. Cóż się zmieniło? Kolba stała się cięższą. Dlaczego? Bo obecnie do kolby wróciła ta część powietrza, którą poprzednio przez ogrzewanie usunęliśmy. Tak więc powietrze (o pokojowej temperaturze) jest cięższe od poprzedniego gorącego, czyli ciężar właściwy gazu zmienił się razem z jego temperaturą.

WYJĄTKOWA ROZSZERZALNOŚĆ WODY.

Zdawaćby się mogło, że woda, jak wiele innych ciał w naturze, w miarę oziębiania będzie się stale kurczyć. Okazuje się jednak, że podczas ostygnięcia woda w pewnych granicach temperatur zajmuje stanowisko zgoła *wyjątkowe* w porównaniu z całym szeregiem ciał innych. Doświadczenie, niżej podane, pozwoli nam poznać tę jej własność.

Rys. 49 przedstawia naczynie szklane w kształcie walca, w którego bocznych otworach tkwią dwa termometry. Naczynia wypełniamy wodą o t. 6° — 7° C. W po-

lowie wysokości walec otacza wieniec blaszany, w którym umieszczamy mieszaninę tłuczonego lodu z solą.

Lód z solą tworzy mieszaninę mrozącą o temperaturze niekiedy -29° C. Mieszanina ta zabiera ciepło od wody poprzez szklaną ściankę naczynia, obniżając w ten sposób coraz bardziej jej temperaturę. Woda w naczyniu zatem stygnie najpierw w swej warstwie środkowej.

Ale coż się dzieje z taką warstwą potem?

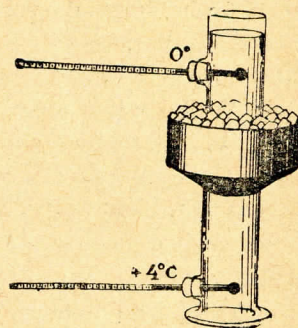
Czy zostaje ona na dawnym miejscu, czy też opada na dół lub idzie do góry?

Odpowiedź znajdujemy we wskazaniach dwóch wspomnianych termometrów.

Okazuje się mianowicie, że temperatura zaczyna się obniżać głównie tylko w dolnym z nich i po jakimś czasie spada aż do 4° C, wtedy, gdy w górnym nie ulega prawie żadnym zmianom. Skoro warstwy chłodne idą ku dołowi, obniżając temperaturę dolnego termometru, to znaczy, że woda, stygnąc od 7° C do 4° C, (na początku w naszym naczyniu woda miała 7° C), staje się coraz cięższą, a więc objętość jej, w myśl poprzedniego, odpowiednio mniejszą, czyli woda przy ostygnięciu od 7° C do 4° C stale się kurczy.

Coż potem zachodzi?

Termometr dolny wskazuje ciągle 4° C, ale w górnym zaczyna teraz temperatura wyraźnie opadać, dochodzi do 4° C i obniża się jeszcze dalej, osiągając nawet wartość 0° C, o ile doświadczenie dłużej wykonywać będziemy, dbając również o nowe zapasy mie-



Rys. 49.

szaniny mrożącej. Temperatura termometru dolnego i nadal pozostaje po dawnemu równą 4° C.

Dlaczegoż woda o temperaturze niższej od 4° C nie opada nadół, lecz pozostała u góry?

Odpowiedź na to może być tylko taka, że w niższych temperaturach woda stała się lżejszą, niż była w 4° C, i dlatego też opadać ku dołowi nie mogła.

Skoro jednak woda, oziębianą od 4° C do 0° C, robi się lżejszą, to widocznie objętość jej przy ostygnięciu w tych granicach ulega powiększeniu, ponieważ, jak to już wiemy z poprzedniego, ciężar właściwy maleje, gdy objętość ciała wzrasta.

Woda więc przy chłodzeniu kurczy się stale aż do 4° C. W tej temperaturze następuje niespodziewany, wyjątkowy, w porównaniu z innymi ciałami zwrót w jej zachowaniu: od tej chwili pomimo dalszego oziębienia woda rozszerza się, i to trwa, aż temperatura nie spadnie do 0° .

Czy taka własność wody czyniłaby ją cieczą odpowiedzialną do wypełniania termometrów, chociażby przeznaczonych do wyznaczania pokojowej temperatury (powyżej zera, ponieważ woda poniżej zera przestaje być cieczą, krzepnąc na ciało stałe)?

Wszak do 4° C słupek wody obniżałby się w takim termetrze, ale już w 3° C posunąłby się ku górze i zająłby stanowisko mniej więcej takie, jak w 5° C, bo woda w termetrze zaczęłaby się już rozszerzać, a więc to samo stanowisko słupka mogłoby zależeć od 2-eh różnych temperatur i każdą z tych temperatur wskazywać. Słowem, nie wiedzielibyśmy, z jaką temperaturą (3° C, czy 5° C) w danej chwili mamy do czynienia, czyli termometr przestalby spełniać swoje zadanie.

ZNACZENIE WYJĄTKOWEJ ROZSZERZALNOŚCI WODY W PRZYRODZIE.

Fakt, że woda w 4° C ma *najmniejszą objętość*, a więc *największy ciężar właściwy*, wiąże się z bardzo ważnym i ciekawym zachowaniem się jej w naturze w pewnych porach roku.

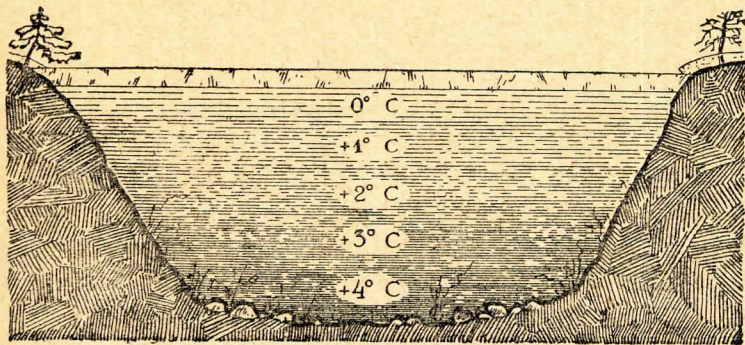
Wyobraźmy sobie głębszy staw lub jezioro. Minęło lato, nastaje jesień a wraz z nią coraz chłodniejsze dnie, a szczególniej noce. Woda w jeziorze stygnąć zaczyna, a przede wszystkim jej górne warstwy, gdyż one to tracą najłatwiej swe ciepło do otoczenia.

Przypuśćmy, że w pewnej chwili cała woda posiada temperaturę 8° C. Gdy nazajutrz lub dni następnych temperatura spadnie w górnych warstwach do 7° C, to warstwy te skurczą się, a przez to ich ciężar właściwy stanie się większy, niż warstw dolnych; wówczas górne warstwy opaść muszą, gdy dolne wypłyną (jako lżejsze, jak np. oliwa) ku górze i również zaczną ostygać. Gdy one znowu oziębią się np. do 6° C, to staną się cięższe od warstw dolnych i same opadną z kolei ku dołowi. Takie ciągle opadanie górnych warstw chłodniejszych i zamiana ich miejsca przez cieplejsze, dolne, skończy się wówczas, gdy cała woda przybierze wspólną temperaturę 4° C (podobnie jak w naczyniu na rys. 49).

Nadchodzi wreszcie późna jesień, kiedy słońce coraz niżej podnosi się nad horyzontem i coraz krócej ogrzewa ziemię, która przez to bardziej wystygła w czasie długich nocy. Temperatura wody spada dalej i, jeśli teraz górne warstwy będą miały 3° C, a dolne 4° C, to czy również, jak to było poprzednio, będą one opadać ku dołowi, czy też może zostaną na dawnym miejscu? Kiedy woda jest najcięższa?

Jak wiemy, w 4° C, a więc w 3° C jest lżejsza.

Wobec tego górna warstwa, ostygnąwszy do 3°C , stanie się lżejszą od dolnych, mających 4°C , pozostanie więc na miejscu. Również nie ulegnie zmianie położenie warstw wodnych, gdy temperatura górnych dojdzie do 2° , 1°C i nawet 0°C . Wreszcie zacznie się wytwarzać skorupa lodowa, która też nie zatonie; przecież lód pływa po wodzie (każdej temperatury), bo jest od niej lżejszy. Staw czy jezioro pokryje się lodem, a w głębinach jego będą istniały warstwy o temperaturze 4°C , t. j. takiej, w której ryby mogą przetrwać całą zimę.



Rys. 50.

Lód jest złym przewodnikiem ciepła, a więc ciepło z warstw głębszych nie będzie tak łatwo przedostawało się na powierzchnię; są one zabezpieczone przez lód, podobnie jak zasiane pola (podczas mrozów) przez pokrywający je śnieg (kryształki lodu) (rys. 50).

Cóżby jednak było, gdyby woda kurczyła się także i przy ostyganiu od 4°C do 0°C ?

Wtedy, naturalnie, warstwy górne, chłodniejsze, o temperaturze 3°C , 2°C , 1°C i 0°C zawsze opadałyby ku dół, a cieplejsze (4°C), dolne, zajmując ich miejsce, również szybko traciłyby swe ciepło, znalazłszy się na

zewnątrznej powierzchni jeziora. Słowem, cała masa wody po jakimś czasie, wymieszawszy się sama przez się, (z powodu zmiany ciężaru właściwego pod wpływem ostygania) miałaby temperaturę 0°C , nie posiadając już wcale warstw o 4°C . Ale w takich warunkach świat zwierzęcy, zamieszkały w wodzie, nie mógłby już przetrwać zimy.

ILOŚĆ CIEPŁA. KALORJA.

ROZMAITE ILOŚCI CIEPŁA.

Do zlewki lub kolbki z cienkiego szkła nabraliśmy 100 gr. wody o temperaturze pokojowej, którą przy pomocy termometru Celsjusza dokładnie wyznaczamy i zapisujemy. Następnie stawiamy to naczynie z wodą na siatce żelaznej i zaczynamy ogrzewać je palnikiem spirytusowym, badając np. co minuta temperaturę w ciągu jakiegoś niedługiego czasu (5—10 minut). Temperatura wody stale się podnosi, a przyczyną tego jest stały dopływ ciepła, dostarczanego przez płomień palnika. W ciągu 2-ch minut dostarczamy go dwa razy, a przez 3 minuty — trzy razy więcej, niż przez jedną tylko minutę ogrzewania (o ile przez ten czas płomień się nie zmienił).

ILOŚĆ CIAŁA I ILOŚĆ CIEPŁA.

Zróbmy teraz doświadczenie podobne, lecz w nieco innej formie. Mianowicie, wzięwszy parę zlewek, umieścimy w nich różne ilości wody, np. 100 gr., 200 gr. i 300 gr. Jeśli teraz każdą z tych zlewek będziemy kolejno ogrzewali czas jednakowo długi, a więc 2 lub 3 minuty, to okaże się, iż osiągniemy różne w nich temperatury, chociaż woda, nalana do nich, miała początkowo we wszystkich naczyniach temperaturę jednakową. Ogrzewanie uskuteczniamy w tych 3-ch wypadkach przy po-

mocy płomienia tej samej wielkości (używając ciągle tegoż palnika).

Skoro palnik w tym samym czasie dostarcza jednakowych ilości ciepła, to dla osiągnięcia tej samej temperatury w 200 gr. wody, co i w 100 gr., trzeba będzie tę pierwszą ilość grzać dwa razy dłużej, dostarczając jej tem samem podwójną ilość ciepła.

Tak więc, gdy chodzi o otrzymanie tej samej temperatury w różnych ilościach tego samego ciała to niezbędne jest zużycie tyle razy większej ilości ciepła, ile razy jest większą ilość ogrzewanego ciała.

IŁOŚĆ CIEPŁA I PRZYROST TEMPERATURY.

Zastanówmy się jeszcze nad zależnością przyrostu temperatury od ilości ciepła dostarczonego ciału, którego temperaturę chcemy podnieść. Weźmy w tym celu zlewkę, zawierającą 200 gr. wody, i, zauważywszy początkową jej temperaturę, postarajmy się podnieść ją o 10° wyżej, notując w minutach czas, którego takie ogrzewanie wymagać będzie. Następnie, nie zmieniając wielkości płomienia, ogrzejmy tę wodę jeszcze o 20° powyżej temperatury przed chwilą osiągniętej. Wypadnie grzać przez czas dwa razy dłuższy, niż poprzednio. Grzejąc jednak dwa razy dłużej przy pomocy płomienia tej samej wielkości, dostarczyliśmy przecież dwa razy więcej ciepła; a więc przy ogrzewaniu tych samych ciał ilość ciepła, w tym celu zużyta, wzrasta w tej samej mierze, co ilość stopni, o które temperaturę ogrzewanego ciała podnosimy.

MIERZENIE IŁOŚCI CIEPŁA.

W powyższych doświadczeniach często używaliśmy wyrażenia: «ilość ciepła». Cóż to za ilość czy wielkość, z którą tu po raz pierwszy się spotykamy?

Skoro ciepła bywa więcej lub mniej, to ilości jego można pewno mierzyć; żeby coś mierzyć, trzeba posiadać miary do takiego mierzenia. Wszak metrem mierzymy długość ciał, kilogramem ich ciężar, litrem — objętość. Jakże tu zmierzyć ilość ciepła (nie temperaturę!), skoro nie można go zebrać, zważyć, lub tak czy inaczej wyosobnić?

Wiemy przecież, że dla ogrzania 200 gr. wody do tej samej temperatury co i 100 gr. (jeśli początkowe ich temperatury były jednakowe), trzeba dostarczyć dwa razy więcej ciepła w pierwszym wypadku, niż w drugim. Tak samo podniesienie temperatury pewnej ilości wody o 20° C wymaga dwa razy więcej ciepła, niż ogrzanie tej samej wody tylko o 10° C powyżej jej temperatury początkowej.

Tak więc chociaż ilości ciepła nie możemy tak prosto pojmować, jak np. ilości wody, to jednakże, biorąc pod uwagę tylko tę zmianę temperatury, którą ciepło w pewnej ilości danego ciała wywołuje, możemy już powziąć dokładne wyobrażenie o jego wielkości.

Należy teraz za jednostkę wybrać pewną ilość ciepła, która powoduje jakąś określoną zmianę temperatury w pewnej ściśle określonej ilości jakiegoś ciała, np. wody.

JEDNOSTKA CIEPŁA — KALORJA.

Jednostkę ciepła nazwano *kalorją*, od słowa łacińskiego *kalor*, które oznacza: ciepło, żar. Jest to taka ilość ciepła, która podnosi temperaturę 1 gr. wody czystej o 1° C.

Z poprzedniego łatwo dojdziemy do wniosku, że dla ogrzania o 1° C nie 1 gr., lecz 100 gr. wody trzeba byłoby zużyć sto razy więcej ciepła, czyli sto kaloryj.

A gdyby 100 gr. miało być ogrzane o 10° C wyżej

od tej temperatury, którą obecnie posiada, ile trzeba byłoby mu dostarczyć kaloryj ciepła? Dla podniesienia temperatury 100 gr. o 1°C — potrzeba 100 kaloryj. Gdy zaś temperatura 100 gr. ma być podwyższona nie o 1°C , ale o całe 10° , czyli dziesięć razy więcej, niż przy poprzednim założeniu, to konieczne tu będzie otrzymanie przez wodę także 10 razy większej ilości ciepła, niż dla ogrzania 100 gr. o 1°C , czyli całych 1000 kaloryj.

Jeśli dla ogrzania 1 gr. wody o 1°C powyżej jego temperatury początkowej potrzebna jest ilość ciepła, zwana kalorją, to jeden gram wody, ostygając o 1°C , musi stracić również jedną kalorję, to znaczy, iż ciała, (np. otaczające powietrze) wywołujące jego ostygnięcie, muszą mu zabrać właśnie jedną kalorję ciepła dla wywołania wzmiankowanego obniżenia temperatury.

Zadanie. Szklanka, zawierająca 250 gr. wody, ostygając od temperatury 90°C do (pokojowej) 20°C . Ile wobec tego kaloryj ciepła straciła, t. j. oddała otoczeniu (przewszystkiem powietrzu)?

Rozwiązanie. 1 gr. wody, ostygając o 1°C , oddaje (traci) 1 kalorję, 250 gr. wody, o ile temperatura jej spadnie o 1°C , utraci 250 kaloryj.

W danym przykładzie temperatura spadła z 90°C na 20°C , czyli o 70 stopni, a więc woda w danym przykładzie utraciła 250 kaloryj $\times 70 = 17.500$ kaloryj.

Jak przy mierzeniu długości małych używamy centymetra lub milimetra, a mając do czynienia z większymi wymiarami, posługujemy się jednostką większą, metrem lub kilometrem, tak też i przy mierzeniu ciepła używamy, oprócz wymienionej kaloryj, jednostki od niej tysiąc razy większej, mianowicie t. zw. dużej kaloryj, albo kaloryj kilogramowej. Jest to ilość ciepła, potrzebna do podwyższenia temperatury 1 kilograma wody o 1°C .

Ponieważ 1 kilogr. = 1000 gr., więc 1 duża kalorja = 1000 małych kaloryj.

CIEPŁO WŁAŚCIWE.

Dotąd była mowa o ogrzewaniu wody i o ilościach kaloryj na to zużywanych. Jakżeż się zachowują w tym wypadku wszelkie inne ciała w naturze?

Czy wzięte w tych samych ilościach (na wagę), co i woda, będą wymagały dla podniesienia ich temperatury o jednakową ilość stopni równie wielkiej ilości kaloryj? Odpowie nam na to doświadczenie, do którego obecnie przystąpimy.

Dwie równej pojemności kolbki równoważymy na wagach. (Pojemność około 100 cm.³). Do jednej z nich nalewamy wody, do drugiej nafty w takiej ilości, żeby znowu osiągnąć stan równowagi, czyli bierzemy do naszego doświadczenia jednakową ilość gramów każdego z wyżej wymienionych płynów.

Następnie, wyznaczwszy termometrem temperaturę jednego z nich, chociażby wody, ogrzewamy ją przez pewien ściśle określony czas (np. 5 minut) na siatce zapomocą palnika. Usunąwszy po upływie tego czasu kolbkę z siatki i zamieszaawszy w niej płyn przy pomocy termometru, notujemy osiągniętą temperaturę, określając jednocześnie otrzymaną zwyżkę (przyrost temperatury). Potem to samo przerabiamy z naftą, używając tegoż, co i poprzednio, palnika. Kolbka z naftą powinna być zupełnie sucha na stronie zewnętrznej. Miskę z piaskiem dla zasypania płomienia (w razie pęknięcia kolbki i zapalenia się nafty) należy mieć wpogotowiu.

Płomień w obydwu doświadczeniach trzeba ochraniać od ruchów powietrza, bo wtedy ogrzewa nierównomiernie. Jakiż wypada rezultat? Oto przyrost temperatury u nafty jest prawie dwa razy większy, niż u wody.

Obydwie cieczce korzystały jednakowo długo z tego samego źródła ciepła, a jednak temperatura nafty jest wyższa. Te same ilości ciepła, dostarczane w przeciągu 5-u minut przez palnik, wywołały w jednakowych ilościach płynów (każdy po 100 gr.) zupełnie różne podniesienie temperatury. Na cóż to wskazuje? Odpowiemy, że każda kaloria ciepła, udzielona 1 gramowi nafty, ogrzewa go więcej niż o 1°C , a właśnie o 1°C ogrzałby się nią 1 gr. wody. Inaczej możemy tę samą myśl wyrazić, mówiąc, iż dla podwyższenia temperatury 1 grama nafty o 1°C trzeba mniej niż jedną kalorię ciepła.

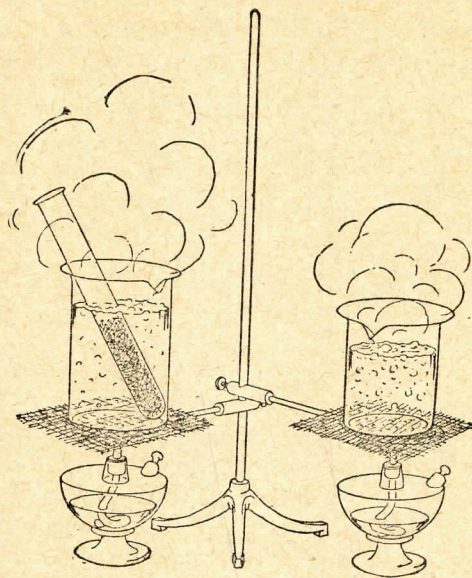
Gdybyśmy użyli zamiast nafty innego płynu, np. rtęci, lub spirytusu czy oliwy, to stwierdzilibyśmy, że te same ilości ciepła, dostarczone w jednakowym czasie, powodowałyby przyrosty temperatury różne w płynach rozmaitych. Chcąc właśnie uwzględnić tę przed chwilą poznaną przez nas cechę ciał, posługujemy się często w fizyce tak zwanem «cieplem właściwym», które prosto oznacza tę ilość ciepła (wyrażoną w kaloriach), która jest potrzebna do podniesienia temperatury 1 grama jakiegokolwiek ciała o 1°C .

ILUŚCI CIEPŁA, ODDAWANE PRZEZ RÓŻNE CIAŁA OSTYGAJĄCE.

Chcąc lepiej poznać rozmaite zachowanie się ciał w zależności tylko od ich ciepła właściwego, rozważmy następujące doświadczenie.

Bierzemy na wagę dwie równe ilości: wody i drobnych gwoździ żelaznych (po 100 gr.), następnie dwie większe zlewki, zawierające każda po 200 gr. wody o temperaturze pokojowej. Wspomniane 100 gramów żelaza ogrzewamy w następujący sposób: gwoździe, umieszczone w probówce z cienkiego szkła, wkładamy do naczynia

z wodą (patrz rys. 51), którą ogrzewamy do wrzenia i podtrzymujemy je w ciągu kwadransa, zatkawszy zlekką probówkę watą (żeby gwoździe nie stygły). Wtedy i 100 gr. wody w osobnej zlewce również doprowadzamy do wrzenia, przyczem należy się starać, żeby 100 gramów wody zaczęło wrzeć wtedy, gdy gwoździe żelazne już około



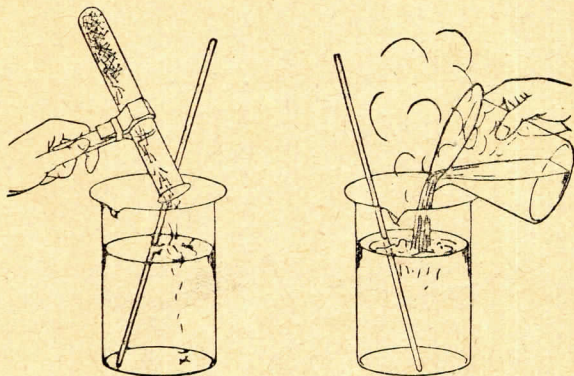
Rys. 51.

kwadransa znajdują się w temperaturze 100°C . Teraz owe 100 gramów zagotowanej wody i 100 gramów żelaza, ogrzanych ciepłem wrzącej wody również do 100°C , wrzucamy jednocześnie, lecz każde z osobna, do dwóch poprzednio wspomnianych zlewek, zawierających po 200 gr. wody (rys. 52). Po wrzuceniu żelaza do jednej i waniu wody do drugiej, należy zapomocą szklanych laseczek

szybko wymieszać te płyny i wtedy zbadać temperaturę każdego z nich.

Cóż się okazuje?

Oto dwie jednakowo wielkie ilości wody (po 200 gr.) o temperaturze pokojowej, po wrzuceniu do nich tych samych na wagę ilości żelaza i wody, każde o temperaturze 100°C , ogrzały się do zupełnie różnych temperatur. Szklanka z samą tylko wodą okaże się znacznie cieplejszą od szklanki z żelazem i wodą. Znaczy to, że 100 gr. wody i 100 gr. żelaza, ostygając, oddały rozmaite ilości ciepła (kalorje).



Rys. 52.

Wszakże już wiemy, że dla ogrzania 1 gr. różnych ciał o 1°C potrzeba nie 1 kalorji ciepła, jak dla wody, lecz innych ilości, zwykle mniejszych od jednej kalorji. Jeśli dla ogrzania 1 gr. żelaza o 1°C trzeba mniej niż jednej kalorji ciepła, to zrozumiałą jest rzeczą, że tenże gram, ostygając o 1°C , odda również tyle samo, ile przedtem potrzebował dla swego ogrzania, t. j. mniej, niż 1 kalorję, właściwie tylko $\frac{1}{10}$ kalorji, ponieważ takie jest jego ciepło właściwe.

Przeciwnie, każdy gram wody, ostygając o 1°C ,

oddaje 1 kalorję, czyli znacznie więcej od ostygającego w tych samych warunkach żelaza.

A więc nic dziwnego, że 200 gr. wody w obydwu wypadkach ogrzały się niejednakowo: woda z żelazem znacznie niżej, ponieważ 100 gr. wody, stygnąc, dało ciepła w tych samych warunkach daleko więcej, niż ostygające 100 gr. żelaza.

Różne ciała zatem mają rozmaite ciepło właściwe, zwykle mniejsze, jak to mówiliśmy, od ciepła właściwego wody, t. j. od 1, bo dla ogrzania jednego ich grama o 1°C potrzebują mniej niż jednej kalorji. Naprzykład ciepło właściwe żelaza $= 0,1$; szkła $= 0,2$; spirytusu $= 0,6$; rtęci $= 0,03$ i t. d.

Zadanie. Przypuśćmy, że posiadamy po 100 gramów każdego z powyższych ciał, które wszystkie mają jednakową temperaturę, równą 30°C . Jeśli teraz wszystkie one ostygną do 20°C , ile każde z nich odda kalorj ciepła tym ciałom, które wywołały ich ostygnięcie (np. powietrzu)?

Rozwiązanie. Skoro ciepło właściwe żelaza wynosi 0,1 kal., to znaczy, że dla ogrzania 1 gr. żelaza o 1°C potrzeba jest 0,1 kal., a więc 1 gr. żelaza, ostygając o 1°C , odda również tylko 0,1 kal. Z tej samej racji 1 gr. szkła, stygnąc o 1°C , dostarczy 0,2 kalor.; 1 gr. spirytusu — 0,6 kal., 1 gr. rtęci — 0,03 kal. Wobec tego 100 gr. każdego z tych ciał przy obniżaniu się ich temperatury nie o jeden, lecz o 10°C , odda ($100 \times 10 = 1000$) 1000 razy więcej kalorj (niż 1 gr., ostygając o 1°C), to znaczy:

Żelazo	Szkło	Spirytus	Rtęć
100 kal.	200 kal.	600 kal.	30 kal.

Tyleż samo, naturalnie, kalorj ciepła potrzeba byłoby udzielić każdemu z nich, gdybyśmy chcieli je ogrzać

o 10°C wyżej od pierwotnej temperatury. 100 gr. wody natomiast, ostygając w tych samych warunkach, t. j. o 10°C , oddałoby 1000 kaloryj.

WPLYW WYSOKIEGO CIEPŁA WŁAŚCIWEGO WODY NA KLIMAT,

Zwykle skały mają ciepło właściwe ze 4 razy mniejsze, niż woda, więc dla ogrzania się do tej samej temperatury (przy jednakowych ilościach na wagę) wymagają mniej ciepła, niż woda, a gdy dostaną taką samą jego ilość (np. od słońca), co i woda, temperatura ich podwyższa się znacznie, niż u wody. Dlatego też miejscowości położone zdala od mórz, oceanów lub wielkich jezior, będąc poddane temu samemu promieniowaniu słonecznemu, co inne kraje, sąsiadujące z oceanem, mają temperatury lata znacznie wyższe, a zimy ostrzejsze, bo ląd stały, z powodu niedużego swego ciepła właściwego, prędzej, niż woda, ogrzewa się do wyższej temperatury, lecz i prędzej stygnie.

Wpływ łagodzący wody w danym wypadku (z powodu jej dużego ciepła właściwego) jest jednym z głównych powodów, dla których klimat, t. zw. morski, wysp lub wybrzeży tak bardzo się różni od klimatu kontynentalnego miejscowości, położonych w głębi rozległych lądów, a więc zdala od wielkich mórz.

TEMPERATURA I ILOŚĆ CIEPŁA.

Ta sama ilość ciepła, mianowicie 1 kaloria, dostarczona 1 gr. wody, podniesie jego temperaturę o 1°C , przeciwnie, udzielona 1 gramowi żelaza (którego ciepło właściwe = 0,1), wywoła ogrzanie się jego o 10°C , czyli, że jednakowo wielka ilość ciepła spowoduje powstanie różnych temperatur.

Weźmy kawał żelaznej blachy i naczynie płaskie z wodą (o ciężarze równym ciężarowi blachy), w rodzaju chociażby miski o wielkości powierzchni podobnej do

wspomnianej blachy. Jeśli teraz zostaną one np. w dzień upalny wystawione na słońce, to chociaż jedna i druga będą korzystały mniej więcej z tej samej ilości promieni słonecznych (wielkość obszaru, dostępnego promieniom, ta sama), jednakże blacha może się rozgrzać tak bardzo, że będzie nas parzyć, gdy woda stanie się tylko ciepłą po upływie tegoż czasu działania na nią promieni słonecznych. A więc ilości ciepła, otrzymane od słońca, jednakowe, a temperatury różne. Tak samo szklanka gorącej wody i igła rozżarzona do czerwoności mają różne temperatury, igła znacznie wyższą. Ale wiemy dobrze, że igła pomimo wysokiej temperatury ma znacznie mniejszy zasób ciepła, niż szklanka wody gorącej, ponieważ, zmieszawszy ją w jakimś innem większem naczyniu z drugą szklanką wody chłodnej, otrzymamy mieszaninę ciepłą; wtedy, gdy wyżej wspomniana igła, rozżarzona do czerwoności i zanurzona również w szklance wody zimnej, nie wywoła w niej jakiegoś większego, bardziej dostrzegalnego podniesienia temperatury. Na cóż to wszystko wskazuje?

Na to, że temperatura ciała i ilości ciepła w niem zawarte to są dwie różne jego cechy, odrębne jego własności. Temperaturę jego możemy wyznaczyć przy pomocy tego lub innego termometru, a także wyczuć naszymi zmysłami; ilości zaś ciepła, któremi ciało dane może rozporządzać w takich lub innych warunkach nie może odczuć nasze ciało, nie wykryje żaden termometr, lecz możemy je tylko obliczyć, opierając się na odpowiednich rozważaniach i doświadczeniach.

ZMIANY STANU SKUPIENIA.

1. TOPNIENIE.

Kawałek parafiny, rzucony do wody o temperaturze pokojowej, pozostaje w stanie stałym, przeciwnie, zamieni

Fizyka i chemja I.

się on na płyn, gdy go wrzucimy do wody gorącej (o temperaturze powyżej 56°C). Plomba ołowiana, papierek cynowy (do owijania czekolady) w płomieniu świecy stają się płynnymi, jak mówimy, topią się. W pewnych porach roku w naturze spotykamy się z topnieniem lodu lub śniegu. Topnienie zatem jest to zjawisko, które bardzo często w życiu zaobserwować możemy. Na podstawie tego, co już wiemy o cieple, postarajmy się bliżej przyrzeć się tego rodzaju przykładom, a może uda nam się zauważyć pewne ważne i ciekawe, im wszystkim wspólne właściwości i warunki, które są niezbędne dlatego, żeby te zjawiska zajść mogły.

Trochę naftaliny (około 5 gr.) umieszczamy w szerokiej probówce, którą osadzamy w łapce statywy i zanurzamy w większym naczyniu szklanem lub blaszanem, wypełnionem wodą. Naczynioko, zawierające naftalinę, nie powinno się opierać o dno naczynia z wodą. Naczynie to zaczynamy powoli ogrzewać, mieszając w niem wodę szklaną bagietką. Jednocześnie termometr stustopniowy zanurzamy do naftaliny.

W miarę ogrzewania, termometr będzie wskazywał coraz to wyższą temperaturę, gdy jednak dojdzie do 78°C , dalszy wzrost temperatury ustanie, chociaż woda, nadal ogrzewana, dostarcza ciepła naftalinie. Naftalina zacznie się topić, t. j. przechodzić ze stanu stałego w stan płynny i, gdy cała zmieni się na ciecz, ciepło, dostarczone jej przez wodę, znowuż będzie zużywane na podwyższenie jej temperatury, co wskaże zanurzony w naftalinie termometr, którym ciągle należy mieszać topiącą się naftalinę.

Temperatura 78°C , w której powstawały w probówce pierwsze aż do ostatnich krople płynnej naftaliny, nazywa się w fizyce temperaturą albo punktem topnienia naftaliny. Każde ciało może się zacząć topić dopiero

wtedy, gdy zostało ogrzane do właściwej mu temperatury topnienia.

Gdybyśmy podczas mroźnego dnia wzięli z podwórza trochę śniegu, np. o temperaturze -10°C , i, umieściwszy go w lejku razem z termometrem (podobnie jak na rys. 44), zaczęli obserwować zmiany, jakie w nim samym i termometrze zachodzić będą pod wpływem ciepła pokoju ogrzanego, to zwróciłyby naszą uwagę następujące objawy.

W pierwszej chwili termometr wskazywałby -10°C , następnie -9 , -8 i t. d. Temperatura podnosiłaby się aż do zera, i tu nastąpiłoby zatrzymanie się słupka rtęciowego, które trwałoby dotąd, aż stopiłby się ostatni płatek śniegu. Więc chociaż powietrze pokoju (mające np. 5°C) stale dostarczało ciepła dla śniegu, temperatura śniegu była ciągle równa 0°C od pierwszej aż do ostatniej chwili całego procesu topnienia.

Taką samą niezmiennosć temperatury podczas topnienia widzieliśmy już na przykładzie naftaliny w pierwszym naszym doświadczeniu.

Biorąc wiele innych ciał do podobnych doświadczeń, moglibyśmy stwierdzić, że chociaż każde z nich topi się w innej temperaturze, to jednak temperatura każdego pozostaje niezmienną przez cały czas jego topnienia.

Spotykamy się tu z faktem, że ciepło, dostarczone ciału topniejącemu, nie podnosi jego temperatury, nie działa na termometr, t. j. jakby ukrywa się przed nim. Dlatego też nazywają je w fizyce niekiedy utajonem ciepłem topnienia.

Nacóż w takim razie zostaje ciepło topnienia zużyte, skoro nie służy do podniesienia temperatury?

Skutek działania ciepła tego jest przecież widoczny. Wszak ciało stale dzięki niemu stało się płynnem. A więc to ciepło utajone idzie na wywołanie jakby przebudowy

wewnętrznej w ugrupowaniu się cząsteczek ciała względem siebie, zużywa się jakgdyby dla rozluźnienia spójności ciała, dzięki czemu zamiast stałego stanu skupienia otrzymujemy stan ciekły.

Koszt pracy mechanicznej moglibyśmy niejedno ciało rozetrzeć na proszek, t. j. otrzymać ciało sypkie, które cokolwiek przypominałoby nam ciecz. Otóż podobną pracę, jakby upłynnienia ciała stałego, wykonywa w rozważanych przykładach ciepło, robiąc to jednak nierównie subtelniej.

Ciepło topnienia lodu.

Wiemy już, że celem stopienia jakiegoś ciała należy najpierw je ogrzać do temperatury topnienia, a potem jeszcze przez cały czas topnienia dostarczać mu ciepła; gdyby po ogrzaniu ciała do jego punktu topnienia przetrwać następnie dalszy dopływ ciepła, to topnienie nie nastąpi.

Postaramy się teraz chociaż w przybliżeniu wyznaczyć ciepło topnienia lodu.

W tym celu zagrzejmy 100 gramów wody do temperatury 80°C , a jednocześnie podczas ogrzewania wody odważmy 100 gramów lodu (o temperaturze 0°C), osuszonego przy pomocy bibuły lub suchej ściereczki. Koniec ważenia lodu winien odpowiadać chwili osiągnięcia przez wodę temperatury 80°C , bo w takim razie lód nie zdąży się stopić.

Teraz do zlewki (około 250 cm^3), owiniętej od dołu i z boków warstwą waty (żeby się nie ogrzewała od otaczającego powietrza), wrzucamy odważony lód i wlewamy ogrzaną (do 80°C) wodę. Od tej chwili mieszamy zawartość zlewki przy pomocy szklanej bagietki tak długo, aż zniknie lód, badając termometrem od czasu do czasu temperaturę wody.

Otrzymana w ten sposób ciecz (po roztopieniu się lodu) posiada temperaturę około 0°C .

Zauważmy, że 100 gr. wody ostygło od 80°C do 0°C . Ponieważ 1 gr. (wody), ostygając o 1°C , oddaje 1 kaloryję, więc 100 gr., oziębiając się nie o 1°C , lecz o całe 80, odda 8000 kaloryj ($100 \times 80 = 8000$).

Te 8000 kaloryj ciepła zostały zużyte na zamianę 100 gr. lodu (o temp. 0°C) na wodę o tej samej temperaturze (t. j. o 0°C), czyli dla stopienia 1 grama lodu poszło: $\frac{8000\text{ kal.}}{100} = 80\text{ kal.}$

Ta właśnie liczba, która wskazuje, ile kaloryj ciepła dostarczyć należy każdemu gramowi lodu o temperaturze 0°C , żeby go zmienić na wodę o tej samej temperaturze, nazywa się ciepłem topnienia lodu.

Znaczenie ciepła topnienia lodu w przyrodzie.

Z nastaniem wiosny, gdy temperatura otaczającego powietrza podniesie się powyżej zera, masy lodu i śniegu, nagromadzone podczas zimy, topnieją powoli, bo wszak każdy gram lodu dla swego stopienia wymaga dostarczenia mu aż 80 kaloryj. Cóżby się stało, gdyby to ciepło topnienia lodu wynosiło tylko niewielką ilość kaloryj? Wtedy przy nastaniu pierwszych dni ciepłych, a więc po dostarczeniu nawet nie tak dużych jeszcze ilości ciepła, ogromne zwały śniegów i lodu, topiąc się w krótkim czasie, wywoływałyby olbrzymie powodzie, zalewając całe okolice i niszcząc wszystko na swej drodze.

Zastosowanie ciepła topnienia lodu w lecznictwie.

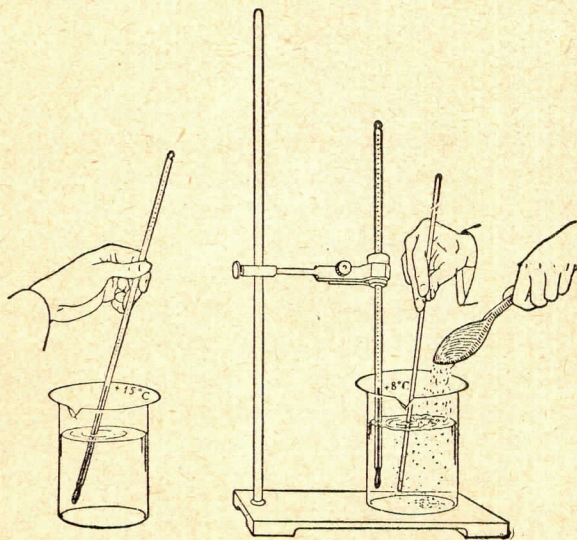
W niektórych chorobach, połączonych z silną gorączką, uciekamy się do ochładzania lodem. Czy woda, mająca 0°C , a więc taką samą temperaturę, jak lód topniejący, chłodziłaby równie dobrze jak lód?

Lód, zabierając od naszego ciała ciepło podczas top-

nienia, nie zmienia swojej temperatury na wyższą, ponieważ powstaje przy tem woda o temperaturze 0°C . Dopiero, gdy lód stopi się całkowicie, wtedy woda, zeń powstała, przy dalszem zetknięciu z naszym ciałem ogrzewać się zacznie i wkońcu może przestać być dla nas środkiem chłodzącym. Tak więc lód, mający 0°C , lepiej chłodzi od wody o tej samej temperaturze, bo, zanim się nią stanie, zabrać musi znaczne ilości ciepła, nie przestając być ciałem tak samo zimnem, jak na początku.

Ciepło rozpuszczania się soli.

Do szklanki wody, której temperaturę oznaczyliśmy, wrzucimy garść soli, zwanej salmjakim; sól ta znajdo-



Rys. 53.

wała się przedtem w tym samym pokoju, co i woda w szklance, a więc posiada taką, jak i ona, temperaturę pokojową. Cóż zauważymy, mieszając szklaną la-

seczką wodę w celu przyspieszenia rozpuszczania się soli (rys. 53).

Oto temperatura znacznie spadła. Zwróćmy uwagę na to, że tu zaszło coś podobnego do topnienia ciała. Wszak ciało pierwotnie stałe, mianowicie sól, przeszło w stan płynny, dając ciecz, którą nazywamy roztworem salmjaku. Ale dla tej zamiany ciała stałego na płyn, zostało także zużyte ciepło, ponieważ płyn odrazu o parę stopni ostygł. To zużyte ciepło nosi nazwę ciepła rozpuszczania się ciała.

Mieszanina mroząca.

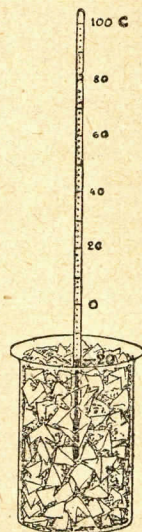
Opierając się na tem, łatwo zrozumiemy, dlaczego to lód, mieszany z solą (kuchenną), może dać tak niską temperaturę, bo aż około dwudziestu stopni mrozu wynoszącą (rys. 54).

Lód, topniejąc, pochłania dużo ciepła; jeśli teraz jeszcze oprócz tego będzie zabierała ciepło sól dla swego rozpuszczania się w powstającej z topnienia lodu wodzie, to tak obfite zapotrzebowanie ciepła, wywołane przechodzeniem w stan płynny aż dwóch ciał stałych (lodu i soli), pociągnie za sobą silne oziębienie najbliższego otoczenia. Dlatego też mieszaninę lodu z solą nazywają mieszaniną mrozącą i używają jej np. podczas lata do wyrobu lodów.

2. KRZEPNIĘCIE.

Weźmy zlewkę z naftaliną, która została ogrzana na palniku o kilkanaście stopni powyżej jej temperatury topnienia.

Odsunawszy palnik i zanurzwszy termometr w płynnej naftalinie, będziemy obserwowali, co się stanie, gdy temperatura stopniowo opadać zacznie.



Rys. 54.

Gdy dojdzie ona do temperatury 78°C , wystąpią pierwsze kryształki stałej naftaliny, których ilość odąd będzie stale wzrastała aż do zakrzepnięcia całej masy. Najważniejszą jednak jest ta okoliczność, że od chwili wystąpienia pierwszych kryształków naftaliny, aż do zestalenia się całej masy, termometr zatrzymuje się na pewnej stałej temperaturze (78°C), równej temperaturze topnienia tegoż ciała. Temperaturę, w której ciało krzepnie, nazywamy temperaturą krzepnięcia.

Jest ona, jak to zaobserwowaliśmy, równą temperaturze topnienia, a także stałą, nie ulegającą żadnej zmianie podczas całego procesu krzepnięcia, pomimo tego, że naftalina, będąc znacznie cieplejsza od otaczającego ją powietrza, ciągle mu udziela pewnych ilości ciepła. Stała jej temperatura przy krzepnięciu, pomimo ciągłej utraty ciepła, tem się tłumaczy, że naftalina, krzepnąc, nieustannie ciepło wydziela (sama staje się jakby źródłem ciepła) w takiej samej ilości, w jakiej dawniej pochłaniała, gdy się topiła. Ciepło to teraz nazwiemy ciepłem krzepnięcia.

A więc ciała topnieją i krzepną w tej samej temperaturze. Jakże to jednak być może, że lód i woda (albo naftalina), pierwsze topnieje, a drugie krzepnie w tej samej temperaturze. Zdawałoby się, że w takim razie te dwa zjawiska mogłyby się odbywać jednocześnie, a więc jedno przeszkadzałoby i niweczyło drugie.

Zapominamy jednak o tem, że dla topnienia lub krzepnięcia ciała nie wystarcza je tylko ogrzać do jego punktu topnienia, albo oziębić do temperatury krzepnięcia, ale jeszcze konieczne należy albo dostarczać ciepła, wtedy otrzymamy topnienie ciała, albo je odbierać w takiej samej ilości, wtedy wywołamy jego krzepnięcie.

Lód i woda o temperaturze 0°C , zmieszane z sobą

w powietrzu o temperaturze również 0°C , będą pozostawały w stanie niezmienionym czas dowolnie długi.

W powietrzu zaś, mającem temperaturę wyższą od zera, lód będzie się topił, ponieważ takie powietrze będzie mogło mu dostarczyć niezbędnego tu ciepła.

Przeciwnie, w powietrzu, mającem temperaturę niższą od zera, woda krzepnąć zacznie, bo otoczenie chłodniejsze zabierać będzie od niej ciepło, bez wydzielania którego woda, nawet mająca temperaturę 0°C , nie może stać się ciałem stałym.

Z tego wszystkiego wynika, że istotnie topnienie i krzepnięcie ciał może się odbywać w tej samej temperaturze, jednakże pierwsze z nich przy zapewnionym dopływie ciepła z zewnątrz, drugie zaś tylko wtedy, gdy jest możliwy odpływ ciepła.

Temperatury topnienia i krzepnięcia.

(Według termometru Celsjusza)

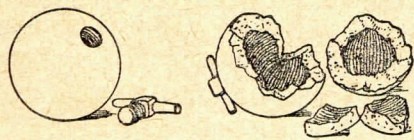
Rtęć . . .	-39°	Masło . . .	30°	Olów . . .	328°
Woda . . .	0°	Wosk . . .	69°	Złoto . . .	1064°
Oliwa . . .	$2,5^{\circ}$	Cyna . . .	232°	Żelazo (czyste)	1600°

Żelazo lane 1100° ; Stal 1200° ; Platyna 1775° .

Zmiana objętości wody przy krzepnięciu.

Zdarza się niekiedy, że rury pękają, gdy w zimie zamarznie w nich woda. Dłaczegóż to woda mogła się w nich zmieścić, a dla powstałego tam lodu już za ciasno? Wszak zmiana wody na lód odbywa się w tej samej temperaturze (0°C). A więc nie zmiana temperatury wywołuje tu zmianę objętości, jak to poprzednio poznaliśmy w dawniejszych doświadczeniach z nauki o cieple. Stając się ciałem stałym, woda zmienia swą objętość i to nawet znacznie, powiększa ją prawie o całe 9 procent, tak, iż np. 100 cm^3 wody o 0°C zamienia się na lód o objętości prawie 109 cm^3 i temperaturze także 0°C .

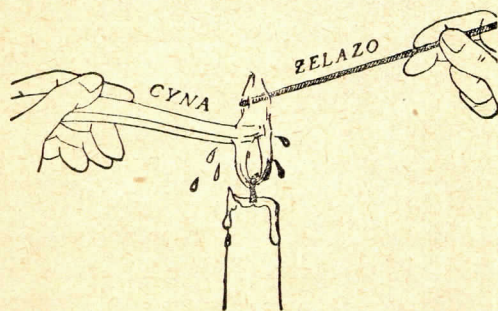
Siła, która wywiązać się może przy takim rozszerzaniu, jest olbrzymia i przezwycięża potężne przeszkody. Załączony rysunek (rys. 55) przedstawia kulę żelazną (o grubości ścianek równej 1 cm.), rozsadzoną właśnie



Rys. 55.

przez powstający w niej lód. Pomniki kamienne, skały, gdy w szczeliny ich dostanie się woda, pękają potem wskutek jej zamarzania. Dlatego też przewody studzienne, jak również rury wodociągowe przed nastaniem mrozów zabezpiecza się od ostygnięcia poniżej zera przez otaczanie słomą, trocinami i innymi ziemi przewodnikami ciepła.

Przy topnieniu następuje wprost odwrotne zjawisko, t. j. kurczenie się. Woda, powstała z lodu, pomimo tej



Rys. 56.

samej temperatury posiada objętość mniejszą (znowuż o te 9%).

Woda zajmuje pewne stanowisko wyjątkowe, ponieważ olbrzymia większość innych ciał, spotykanych w naturze, kurczy się właśnie przy krzepnięciu, a rozszerza się przy topnieniu.

Dlaczego naokół siebie, np. w temperaturze pokojowej naszych mieszkań, jedno ciała stale spotykamy w stanie ciekłym, drugie w stałym? Oczywiście, tylko dlatego, że temperatura pokojowa (mniej więcej od 15° C do 20° C) jest dla jednych ciał wyższą od ich temperatury topnienia (a więc woda, rtęć w termometrach, nafta, oliwa, spirytus, gliceryna i t. d.), dla drugich zaś niższą od tej ich temperatury (np. masło, stearyna, parafina, łój, lak do pieczęci, воск i t. p.).

Temperatura płomienia świecy np. jest wyższa od punktu topliwości cyny lub ołowiu i niższa znacznie od temperatury topnienia żelaza lub miedzi. Przekonamy się o tem, wkładając kolejno do płomienia świecy paperek od czekolady (cyna), lub plombę ołowianą od jakiegokolwiek towaru (ołów), następnie drucik żelazny lub miedziany.

3. PAROWANIE.

Nalejmy na płaski talerz trochę wody i postawmy go gdzieś w miejscu przewiewnym, a zobaczymy, że po pewnym czasie woda zniknie z talerza. Woda pozornie zniknęła, stając się gazem, równie niewidocznym, jak powietrze.

Wprawdzie nieraz słyszeć można o parze, buchającej z kotła czy lokomotywy, gdzie para zdaje się być widoczną, jest to jednak nieporozumienie.

W fizyce przez słowo para rozumiemy tylko gaz, a ten zawsze jest niewidzialny, o ile nie posiada jakiegokolwiek barwy dlań znamiennej.

To zaś, co w życiu codziennym nazywamy parą, nie jest już parą właściwą, a tylko płynem wodnym, zbiorowiskiem drobniutkich kropelek cieczy, unoszących się w powietrzu.

Najłatwiej to sprawdzić, zanurzając w taką mgłę jakiś przedmiot chłodny o błyszczącej powierzchni, a zo-

baczmy, że pokryje go warstwa drobnutkich kropelek wody, które przed chwilą jeszcze były zawieszone w powietrzu, tworząc biały oblok.

A więc spotykamy się tutaj po raz pierwszy z nową zmianą stanu skupienia ciał, mianowicie z przemianą stanu ciekłego w stan gazowy, lotny.

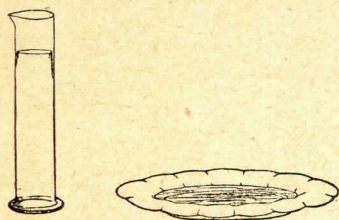
Ćwiczenia. 1. Zanurzając termometr do naczynia z wodą o pokojowej temperaturze, zapisujemy temperaturę wody, zanotowawszy uprzednio, jaka była temperatura powietrza; następnie, wyjmawszy termometr i nie osuszając go, obserwujemy, jak będzie się zmieniała jego temperatura.

Będzie ona spadała, pomimo, że powietrze nie jest chłodniejsze od wody, w której przed chwilą znajdował się termometr.

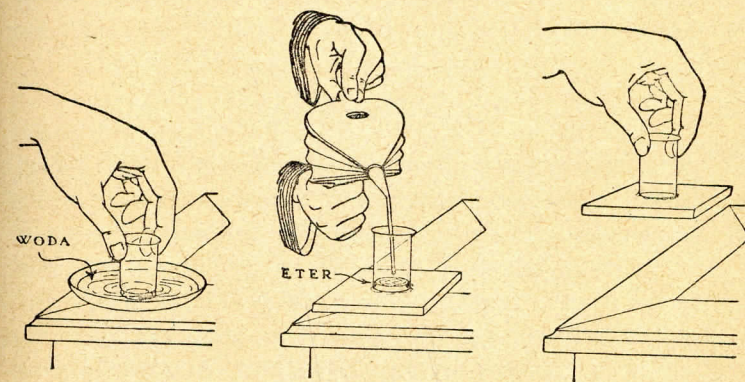
Poruszamy teraz przez chwilę termometrem w powietrzu i znowu obserwujemy jego temperaturę: spada teraz bardziej niż poprzednio, mniej więcej w ciągu tego samego czasu. W czasie tych czynności termometr schnie, t. j. woda z niego paruje, i to wyraźnie prędzej wtedy, gdy nim poruszamy.

2. Do talerza i wąskiego walca nalewamy jednakowe (po 100 cm.³) objętości wody, zmierzone menzurką, i pozostawiamy je otwartymi na dni kilka. Po upływie tego czasu porównujemy ilości wody pozostałe w tych dwóch naczyniach (rys. 57).

3. Oceniamy wrażenie zimna, jakie uczujemy, gdy wylejemy (na górną powierzchnię ręki, nie dłoń) na rękę kolejno po parę kropek wody, potem spirytusu i w końcu eteru, poruszając za każdym razem ręką w powietrzu.



Rys. 57.



Rys. 58.

4. Podobne doświadczenia wykonajmy z termometrem; zanurzamy go kolejno do wody, spirytusu i eteru i, poruszając nim jednakową ilość razy w powietrzu, badamy za każdym razem osiągniętą temperaturę. Przytem zawsze po każdej z cieczy osuszyć należy termometr ściereczką i poczekać, aż powróci do temperatury pokojowej, a wtedy dopiero przystępować do zanurzania w innej cieczy. Porównajmy te trzy różne zniżki temperatury, jakie wskaże termometr w tem doświadczeniu z trzema różnymi cieczami.

5. Zanurzamy termometr do oliwy, uprzednio zanotowawszy temperaturę powietrza w pokoju. Zapisawszy sobro temperaturę oliwy (powinna mieć temperaturę pokojową), wyjmujemy termometr i, poruszywszy nim parę ratu w powietrzu, patrzymy, o ile się obniżyła jego temperatura.

6. Na tabliczce łupkowej piszemy w pewnej odleg od siebie 4 początkowe litery nazw powyższych ciał, a więc W (woda), S (spirytus), E (eter) i O (oliwa). W tych literach umieszczamy po parę kropek każdego

z odpowiednich płynów i obserwujemy, który z nich prędzej zniknie.

Porównajmy teraz szybkość ulatniania się każdej z tych cieczy z tą niższą temperaturą, którą one wywoływały, parując na samej banieczce termometru w doświadczeniach, przed chwilą rozważanych.

7. Postawmy na deseczce małą zlewkę (50 cm.³), zwilżywszy uprzednio dno zlewki z zewnątrz kilkoma kroplami wody. Do zlewki wlewamy trochę eteru (5 cm.³) i dmuchamy na eter przez rurkę, połączoną z małym mieszkim, jak to wskazuje rysunek. Po chwili zlewka przymarznie do deseczki (rys. 58).

Ciepło parowania.

Gdy porównamy szereg tych doświadczeń i bliżej zastanowimy się nad nimi, jakież nasuwają się nam wnioski, dotyczące własności i warunków parowania cieczy?

Przedewszystkiem parowanie cieczy odbywa się kosztem ciepła, którego w braku płomienia dostarczą ciała, tworzące najbliższe otoczenie cieczy parującej. A więc i tutaj przy zmianie stanu ciekłego na stan gazowy, jak przy topnieniu, dla wywołania takiej przemiany niezbędne jest zużycie odpowiednich ilości ciepła, które przy topnieniu nazywaliśmy ciepłem topnienia a w danym wypadku nazwiemy ciepłem parowania.

Kiedy ciecz paruje z naszej ręki, uczuamy chłód ponieważ dla swego parowania bierze ciepło właśnie z naszej ręki — stąd uczucie zimna.

Jeśli teraz ciecz paruje na banieczce zwilżonego rą termometru, to czerpie ciepło z termometru (z rtęci i szkła), dlatego też termometr zaczyna stygnąć i wskazuje coraz niższą temperaturę.

W obydwu wypadkach, oprócz ciepła z ciała i rtęci, brane jest także ciepło i z otaczającego powietrza.

Gdy latem przechodzimy koło świeżo wystawionego domu, otynkowanego lub nie, uczuamy w obrębie jego bardzo wyraźny chłód. Skądże to pochodzi? W zaprawie mularskiej, która wiąże cegły, są jeszcze duże ilości wody; one to, ciągle parując, zamieniają się na parę kosztem ciepła, zaczerpniętego właśnie z otaczającego powietrza, które z tego powodu bardzo wyraźnie ostyga.

Uczucie zimna i szybkość parowania.

Czy jednak każda z wybranych przez nas cieczy w tych samych warunkach parowania wywoływała to samo uczucie zimna, ten sam spadek temperatury?

Nie. Eter chłodził nas najbardziej, woda najmniej, a oliwa na termometrze nie wywołała prawie żadnej niżki temperatury.

Kropla eteru na tabliczce łupkowej znikła szybko, kropla spirytusu wolniej, wody jeszcze wolniej, a co się tyczy oliwy, to mogłaby ona pozostawać na tabliczce całymi tygodniami.

Z ostatnich spostrzeżeń wysuwamy następujący wniosek: ta ciecz chłodzi najsilniej, która, parując, ulatnia się najprędzej. Dłaczegóż to zachodzi taki związek pomiędzy jednym a drugim? Wszak przedtem stwierdziliśmy, że dla zamiany cieczy na parę pobierane jest ciepło z otoczenia. Skoro zaś jedna ciecz (np. eter) w tym samym czasie wytwarza więcej pary, niż druga (np. woda), t. j. prędzej się ulatnia, to na takie obfite parowanie zabiera od otoczenia więcej ciepła, niż ta druga, wywołując tem samem gwałtowniejszy spadek temperatury.

Wpływ wielkości swobodnej powierzchni cieczy na jej parowanie.

W jednym z doświadczeń woda parowała, będąc w wąskim walcu i na talerzu. Skutek był ten, że wody

wyparowało w tym samym czasie i w tych samych warunkach daleko więcej z talerza, niż z walca. Parowania te różniły się tylko wielkością powierzchni swobodnej, jaką miała ciecz w jednym i drugim wypadku.

Wobec tego wysnuwamy wniosek, że ciecz paruje tem łatwiej, im większa jest powierzchnia, na której ciecz rozlano. Zamiana cieczy na gaz (parę) odbywa się tylko u jej swobodnej powierzchni, bo jedynie w tem miejscu para, wydzielona z cieczy, może ją opuścić, rozchodząc się w otaczającym powietrzu — stąd znaczenie wielkości swobodnej powierzchni dla szybkości parowania.

Gdy chcemy prędzej wystudzić herbatę, przelewamy ją ze szklanki na spodek, bo wtedy parowanie z powodu większej powierzchni żywiej się odbywa, a wraz z utratą potrzebnego na to parowanie ciepła stygnie ciecz.

Z tej samej racji rozrzucają wilgotne siano lub zboże w możliwie cienkiej warstwie, czem przyspieszają ulatnianie się wody, która przez to zyskuje na wielkości powierzchni zetknięcia z powietrzem.

Ruch a szybkość parowania.

W doświadczeniach, przez nas rozważanych, na jedno jeszcze moglibyście baczniejszą zwrócić uwagę, a mianowicie na to, czy termometr (jego banieczka z rtęcią), np. zwilżony eterem, albo jeszcze lepiej obwiązany kawałkiem muslinu (żeby więcej eteru można w nim zatrzymać), umaczanym w eterze, zachowuje się zupełnie jednakowo (ze względu na zniżkę temperatury), tak w tym wypadku, gdy pozostaje nieruchomy, jak i wtedy, gdy nim poruszamy, lub nań dmuchamy np. mieszkciem (nie ustami, żeby go nie ogrzać ciepłem powietrzem z ust)?

Otóż niewątpliwie zauważyliście, że w drugim wy-

padku temperatura termometru spada znacznie gwałtowniej, niż w pierwszym.

Wobec tego powiedzieć musimy, że parowanie prędzej się odbywa, gdy termometr sam jest w ruchu, lub gdy powietrze naokół niego się porusza (suszące działanie wiatru!).

Rzeczywiście, z tych względów parowanie cieczy znacznie się przyspiesza, ponieważ w ten sposób ciągle się usuwa warstwy powietrza, które już w parę danej cieczy zostały zaopatrzone, a zastępuje się je świeżemi.

Ciecz zaś, otoczona powietrzem wolnem od pary, ulatnia się prędzej, niż w powietrzu, zasobnem w tę parę; z tej racji mokra bielizna szybko wysycha w powietrzu suchem, a przeciwnie — ciągle pozostaje mokrą — w powietrzu wilgotnem.

Wpływ temperatury na parowanie cieczy.

Nie rozważaliśmy w naszych doświadczeniach jeszcze jednej cechy parowania, którą zresztą każdy z nas dobrze zna z doświadczeń życia codziennego. Naprzykład: gdzie wilgotne przedmioty schną prędzej, przy gorącym piecu czy dalej od niego? Czy w cieniu, czy na słońcu?

Naturalnie wyższa temperatura bezwarunkowo zawsze powiększa szybkość ulatniania się wszystkich cieczy.

Wnioski. Streszczamy teraz to wszystko, czegośmy się dowiedzieli o parowaniu.

1. Każda ciecz dla zamiany na gaz (parę) zużywa odpowiednią ilość ciepła (dla każdej cieczy inną); stąd ostygnięcie cieczy i otoczenia podczas parowania cieczy.

2. Rozmaite ciecze w tych samych warunkach parują niejednakowo szybko.

3. Te z nich, które ulatniają się prędzej, wywołują oziębienie silniejsze.

4. Parowanie cieczy zachodzi tem prędzej, im wyższa jest jej temperatura, im większą ma swobodną powierzchnię podczas parowania, i im prędzej są usuwane te warstwy powietrza, które parą już się nasyciły.

WRZENIE.

Gdy woda gotuje się w kociołku, nie wątpimy, że mamy tu znowu do czynienia z parowaniem cieczy, ale trochę innem, niż w tych przykładach, któreśmy rozważali w poprzedzającym rozdziale.

Chcąc bliżej poznać ten rodzaj parowania, to pokrewne zjawisko, najlepiej zrobimy, jeżeli będziemy się starali bliżej je zbadać w odpowiednim doświadczeniu a więc przyglądając się uważnie, jak ono od początku do końca zachodzi.

Wrzenie wody.

W tym celu bierzemy kolbę o pojemności około 500 cm.³ i, wypełniwszy ją do połowy wodą o temperaturze pokojowej, osadzamy (rys. 59) w szyjce korek z 2-ma termometrami (do 100° C). Na bocznej powierzchni korka powinny być wycięte rowki, jak to wskazuje rysunek, żeby para, powstająca przy wrzeniu, mogła się z kolby wydostać nazewnątrz i nie groziła jej rozsądzeniem. Jeden z termometrów powinien być włożony do korka w ten sposób, żeby koniec jego dolny (banieczka z rtęcią) nie, zanurzał się do wody, lecz był od niej na odległości mniej więcej 2—3 cm.; banieczkę drugiego zanurzamy w samej cieczy, ale niegłęboko, jak wskazuje rysunek. Tak przygotowawszy przyrząd, ustawiamy go na siatce żelaznej, położonej na trójnogu, i zaczynamy ogrzewać lampką spirtusową, lub jakim innym palnikiem.

Co jakiś czas dobrze jest obcierać z kolbki tworzącą się na niej rosę (której powstanie wytłumaczymy

sobie później przy doświadczeniach chemicznych) dla zapobieżenia pęknięciu.

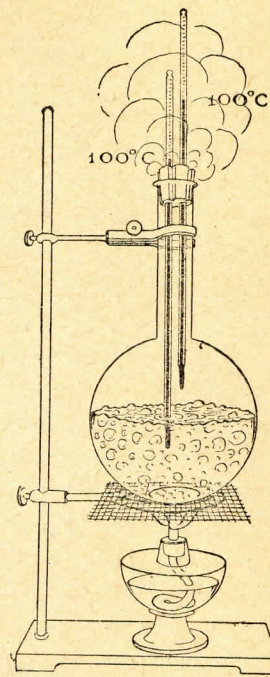
Po jakimś czasie ogrzewania zauważymy powstające przy ściankach kolbki drobne pęcherzyki gazu, które, odrywając się od tych ścianek, unoszą się w wodzie ku górze, ku jej swobodnej powierzchni gdzie, pękając, mieszają się z powietrzem, wypełniającem górną połowę naczynia.

Te pęcherzyki — to powietrze, które w zimniejszej wodzie było niewidzialne, bo rozpuszczone, (tak jak np. rozpuszczona sól lub cukier), a w wodzie ogrzanej przestaje już tworzyć z nią roztwór, wydzielając się jako gaz.

Gazy wobec cieczy zachowują się wprost przeciwnie, niż ciała stałe (sól, cukier), mianowicie rozpuszczają się bardziej w cieczach zimnych, niż w gorących.

Wydzielanie się pęcherzyków powietrza z wody może sprawić wrażenie wrzenia, lecz że to jeszcze nie wrzenie, poucza nas termometr, którego temperatura, chociaż stale się podnosi, jest jednak daleka od 100° C, t. j. od temperatury wrzenia wody. Obserwujmy dalej!

Temperatura wzrasta. Pęcherzyki wydzielają się teraz w większej obfitości, lecz nie są to już bańki powietrza, ale pary. Początkowo przy unoszeniu się znikają: para ich skrapla się, bo woda nie jest dostatecznie gorąca. Ale oto już polatują do górnej powierzchni, pękając



Rys. 59. Wrzenie wody.

4. Parowanie cieczy zachodzi tem prędzej, im wyższa jest jej temperatura, im większą ma swobodną powierzchnię podczas parowania, i im prędzej są usuwane te warstwy powietrza, które parą już się nasyciły.

WRZENIE.

Gdy woda gotuje się w kociołku, nie wątpimy, że mamy tu znowu do czynienia z parowaniem cieczy, ale trochę innem, niż w tych przykładach, któreśmy rozważali w poprzedzającym rozdziale.

Chcąc bliżej poznać ten rodzaj parowania, to pokrewne zjawisko, najlepiej zrobimy, jeżeli będziemy się starali bliżej je zbadać w odpowiednim doświadczeniu a więc przyglądając się uważnie, jak ono od początku do końca zachodzi.

Wrzenie wody.

W tym celu bierzemy kolbę o pojemności około 500 cm.³ i, wypełniwszy ją do połowy wodą o temperaturze pokojowej, osadzamy (rys. 59) w szyjce korek z 2-ma termometrami (do 100° C). Na bocznej powierzchni korka powinny być wycięte rowki, jak to wskazuje rysunek, żeby para, powstająca przy wrzeniu, mogła się z kolby wydostać nazewnątrz i nie groziła jej rozsądzeniem. Jeden z termometrów powinien być włożony do korka w ten sposób, żeby koniec jego dolny (banieczka z rtęcią) nie, zanurzał się do wody, lecz był od niej na odległości mniej więcej 2—3 cm.; banieczkę drugiego zanurzamy w samej cieczy, ale niegłęboko, jak wskazuje rysunek. Tak przygotowawszy przyrząd, ustawiamy go na siatce żelaznej, położonej na trójnogu, i zaczynamy ogrzewać lampką spirytusową, lub jakim innym palnikiem.

Co jakiś czas dobrze jest obcierać z kolbki tworzącą się na niej rosę (której powstanie wytłumaczymy

sobie później przy doświadczeniach chemicznych) dla zapobieżenia pęknięciu.

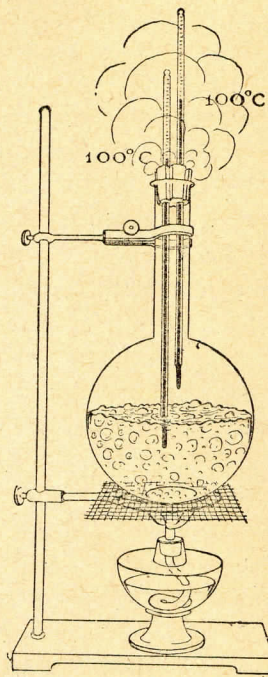
Po jakimś czasie ogrzewania zauważymy powstające przy ściankach kolbki drobne pęcherzyki gazu, które, odrywając się od tych ścianek, unoszą się w wodzie ku górze, ku jej swobodnej powierzchni gdzie, pękając, mieszają się z powietrzem, wypełniającem górną połowę naczynia.

Te pęcherzyki — to powietrze, które w zimniejszej wodzie było niewidzialne, bo rozpuszczone, (tak jak np. rozpuszczona sól lub cukier), a w wodzie ogrzanej przestaje już tworzyć z nią roztwór, wydzielając się jako gaz.

Gazy wobec cieczy zachowują się wprost przeciwnie, niż ciała stałe (sól, cukier), mianowicie rozpuszczają się bardziej w cieczach zimnych, niż w gorących.

Wydzielanie się pęcherzyków powietrza z wody może sprawić wrażenie wrzenia, lecz że to jeszcze nie wrzenie, poucza nas termometr, którego temperatura, chociaż stale się podnosi, jest jednak daleka od 100° C, t. j. od temperatury wrzenia wody. Obserwujmy dalej!

Temperatura wzrasta. Pęcherzyki wydzielają się teraz w większej obfitości, lecz nie są to już bańki powietrza, ale pary. Początkowo przy unoszeniu się znikają: para ich skrapla się, bo woda nie jest dostatecznie gorąca. Ale oto już polatują do górnej powierzchni, pękając



Rys. 59. Wrzenie wody.

przy niej. A ponieważ ilość ich jest coraz większa, więc ten ciągły ruch ich do góry wytwarza falowanie cieczy i pewien charakterystyczny szum. Spójrzmy na termometry! Wskazują 100°C (lub bardzo bliską do tej temperatury). Temperatury cieczy wrzącej i pary, która z niej powstaje, są te same.

To już prawdziwe wrzenie. Para obficie przedostaje się przez boczne szczeliny korka, skraplając się w powietrzu i tworząc mgłę, którą doskonale widzimy. Dlaczego jednak takiej mgły nie widzimy wewnątrz samej kolby? Bo właśnie wewnątrz kolby mamy prawdziwą parę (gaz niewidoczny), a nazewną kolby, nad korkiem, wytwarza się już pył wodny, czyli drobniutkie kropelki cieczy, które tworzą jakby obłoczek. Skroplenie pary zostało wywołane oziębieniem jej w powietrzu.

Ale zwróćmy jeszcze uwagę na termometry. Przed wystąpieniem wrzenia temperatura stale się podnosiła; teraz, jak widzimy, pomimo stałego dopływu ciepła z palnika pozostaje niezmienną. Ciepło więc teraz nie zużywa się na podnoszenie temperatury ani cieczy, ani pary, a w takim razie do czego służy? Tylko do wytwarzania coraz to nowych ilości pary, wychodzącej z kolby. Para zaś jest gazem, jak wiemy.

Wobec tego jesteśmy tu świadkami zmiany jednego stanu skupienia na drugi (cieczy na gaz), odbywającej się w stałej temperaturze, zwanej temperaturą wrzenia. Coś podobnego już mieliśmy. Było to przy topnieniu; ciało ze stanu stałego przechodziło w płynny, i również w temperaturze niezmiennej (temperatura topnienia). Ciepło, potrzebne dla takiej przemiany, tam nazywaliśmy ciepłem topnienia, a tu ciepło, zużywane dla zamiany cieczy na gaz, nazywamy ciepłem wrzenia lub parowania cieczy. O jego wielkości pomówimy wkrótce szczegółowiej. Ciepło to bierze na się pracę rozluźnienia cząstek cieczy aż do

stanu tak rozrzedzonego, jakim jest gaz (para) w porównaniu z cieczą.

Wrzenie spirytusu.

Teraz zrobmy jeszcze doświadczenie podobne, ale ze spirytusem (np. skażonym).

Ponieważ spirytus należy do ciał łatwo palnych, więc nie będziemy go ogrzewali bezpośrednio na siatce i płomieniu, lecz przy pomocy wody gorącej.

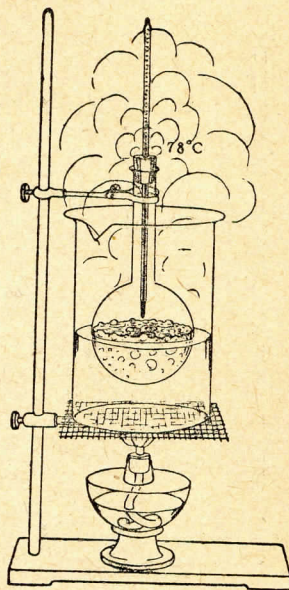
Posługując się kolbką z korkiem i termometrem, bierzemy jeszcze do pomocy większe naczynie z wodą (rys. 60). W tej wodzie przy pomocy statywy umieszczamy kolbkę ze spirytusem i wodę ogrzewamy na płomieniu.

Podczas ogrzewania zauważymy w spiry图斯ie podobne zmiany, jak to było w przypadku wody, z tą jednak różnicą, że wrzenie spirytusu będzie się odbywało w temperaturze znacznie niższej, niż dla wody, mianowicie w 78°C .

Biorąc liczne inne płyny w stanie czystym i robiąc podobne doświadczenia, łatwo byśmy się przekonali, że każdy z nich wrze w pewnej temperaturze, która nazywa się jego temperaturą wrzenia.

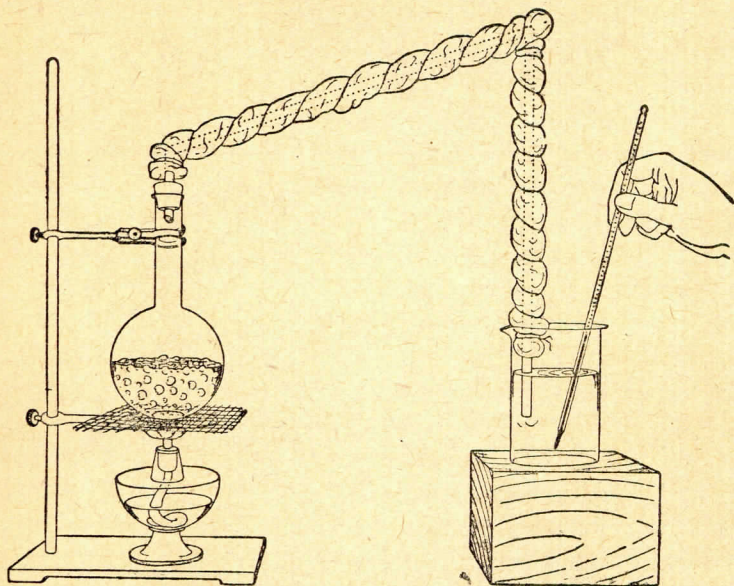
4. SKRAPLANIE.

Gdy od wody, mającej temperaturę 0°C , odbieramy ciepło, pociąga to za sobą krzepnięcie wody, a więc powrót do stanu stałego. Również łatwo przewidzieć, co się



Rys. 60. Wrzenie spirytusu.

stanie, gdy odbierzemy ciepło od pary, otrzymanej np. podczas wrzenia. Powróci ona także do pierwotnego stanu ciekłego — skropli się, zwracając w ten sposób to ciepło, które poprzednio zabierała wrząca ciecz dla osiągnięcia wprost przeciwnej zmiany stanu skupienia cząsteczek (zmiany cieczy na gaz).



Rys. 61. Oznaczanie ciepła parowania wody.

Otóż para, przechodząca w stan ciekły i oddająca przy tem ciepło parowania, posłuży nam do zorientowania się w jego wielkości.

Bierzemy kolbkę o pojemności 200—300 cm.³ i, wypełniwszy ją w połowie wodą, zatykamy szczelnym korkiem, zaopatrzonym w dłuższą rurkę (owiniętą w watę, żeby nie tak bardzo stygła), dwa razy zgiętą i przeznaczoną do wyprowadzenia pary, powstającej w kolbie przy wrzeniu (rys. 61).

Poza tem przygotowujemy jeszcze zlewkę o pojemności około 250 cm.³, odważamy w niej dokładnie pewną ilość wody (około 200 gr), mierzymy jej temperaturę i zapisujemy. Gdy woda zacznie już na dobre gotować się w kolbie, a para uchodzić z rurki, wstawiamy rurkę do zlewki z wodą, zanurzając koniec mniej więcej na głębokość 3—4 cm.

Parę przepuszczamy w ciągu np. 5 minut, mieszając wodę w zlewce przy pomocy termometru, potem rurkę wyjmujemy, gasząc jednocześnie palnik pod kolbą. Oznaczamy teraz temperaturę wody w zlewce.

Po zanotowaniu jej, stawiamy zlewkę z wodą na czułą wagę i przez ważenie, znając dawny przed przepuszczaniem pary jej ciężar, dowiadujemy się, ile wody w zlewce przybyło z powodu skroplenia się wpuszczanej do niej pary.

Przyrost ciężaru wody okazał się nieznaczny, a jakżeż wiele ciepła przyniosła z sobą ta drobna ilość pary skroplonej, skoro tak widocznie podniosła się temperatura wody w zlewce!

Zróbmy nadto następujące porównanie. Z poprzedniego wiemy już, ile potrzeba było wpuścić pary, żeby wzięte na początku 200 gr. wody zostało ogrzane o zaobserwowaną przez nas ilość stopni. Weźmy jeszcze tę samą, co poprzednio, 200 gr. ilość wody w zlewce o temperaturze pokojowej (zmiierz jej temperaturę!), a zrównoważywszy ją na wadze, dołożmy na talerzyk z odważnikami tyle gramów, ile wynosiła ilość skroplonej pary w uprzednim doświadczeniu, a następnie dolejmy do zlewki (stojącej na drugim talerzyku wagi) tyle wody o temperaturze 100° C, żeby znowu osiągnąć stan równowagi.

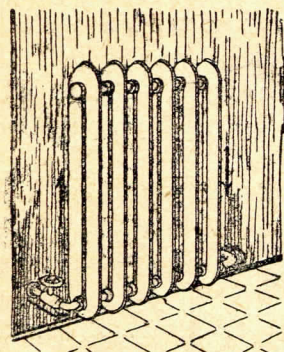
W ten sposób dodaliśmy obecnie ilość wody wrzącej, równą ilości poprzednio skroplonej pary.

Wymieszawszy dobrze wodę w zlewce, zapisujemy osiągniętą temperaturę, a odjawszy od niej tę, jaka była

przed dolaniem wrzątku, będziemy wiedzieli, jaki przyrost temperatury wywołało dodanie wrzątku.

Jakże odmienny wynik!

Zastanówmy się nad wynikami naszych dwóch ostatnich doświadczeń. A więc do tych samych ilości wody o tej samej temperaturze zostały dodane również w jednakowej ilości (gramów) w jednym wypadku para, w drugim woda, posiadające każda temperaturę 100°C . Czy temperatura wody w obydwu razach podniosła się o jednakową ilość stopni? Nie, w przypadku pary nierównie więcej. Jakiż stąd wniosek?



1GR. PARY O 100°C DAJE 537 KALORJI CIEPŁA + 1GR. WODY O 100°C

Rys. 62. Kaloryfer.

Dokładne badania ujawniły, że ciepło parowania wody wynosi aż 537 kaloryj, t. j. dla zamiany każdego grama wody, ogrzanego już do 100°C , na 1 gr. pary także 100°C (wszak w naszych poprzednich doświadczeniach termometr, znajdujący się w parze podczas wrzenia, wskazywał tę samą temperaturę, co i termometr zanurzony w wodzie) dostarczyć trzeba 537 kaloryj ciepła (ilość olbrzymia!).

Odwrotnie, gdy 1 gr. pary o temperaturze 100°C zamienia się przez skroplenie na 1 gr. wody (również

o 100°C .), to zwraca znowu owe 537 kaloryj, zwane teraz ciepłem skroplenia, wywołując tem ogrzewanie otoczenia.

Mieszkania nasze często ogrzewamy przy pomocy tak zwanych kaloryferów*), w których krąży para, wytwarzana w kotle; przy zetknięciu się z chłodniejszą ścianką kaloryferu para się skrapla i ogrzewa pomieszczenie (rys. 62).

Podobnie, jak różne są temperatury wrzenia dla rozmaitych płynów, tak samo niejednakowe są ich ciepła parowania, co widzimy z przytoczonej poniżej tabelki.

Temperatury wrzenia.

(Skala Celsjusza)

Alkohol	78°	Eter	35°	Olej lniany .	316°
		Rtęć	357°		

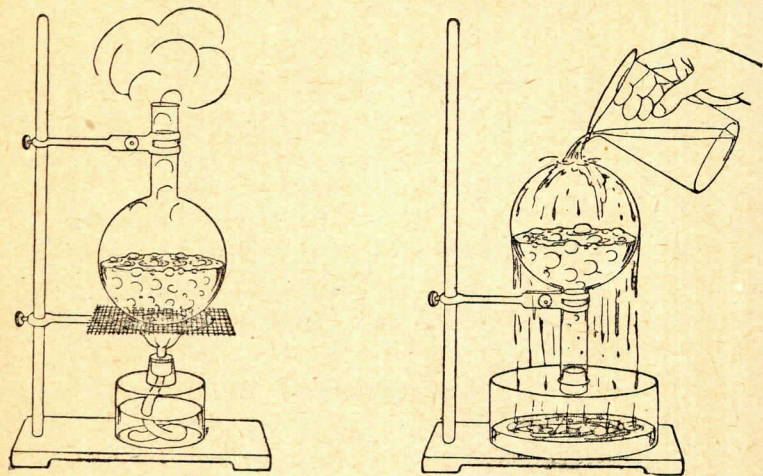
Ciepło parowania (w kalorjach).

Alkohol	210	Eter	90	Rtęć	62
		Woda	537.		

Zastanówmy się nad tą tabelką. Woda, chociaż niezbyt szybko paruje (bo ma dosyć wysoki punkt wrzenia), jednak, parując np. z powierzchni naszego ciała, dość silnie chłodzi nas, ponieważ posiada w porównaniu z innymi cieczami, nawet prędzej parującymi, bardzo duże ciepło parowania. Na zamianę zatem każdej kropli na parę chłonie ona dużą ilość kaloryj, np. ze zwilżonej ręki — stąd uczucie zimna. Alkohol, a szczególnie eter, w zwykłej temperaturze parują prędzej od wody, bo bliżej im w tej temperaturze do ich własnej temperatury wrzenia.

*) Kaloryfer — pochodzi od łacińskich słów: kalor — ciepło i fero — przynosząc.

Wpływ ciśnienia na temperaturę wrzenia. Wrzenie, które wywoływaliśmy dotychczas, odbywało się na otwartym powietrzu pod ciśnieniem atmosferycznym, ponieważ naczynie, zawierające wrzącą ciecz, było przez cały czas otwarte. Czy jednak temperatura wrzenia, dotąd stała, uległaby zmianie w razie zmiany ciśnienia tego gazu, który jest z wrzącą cieczą w bezpośrednim zetknięciu (np. powietrza?). Już dawno wielu podróżników, dociera-



Rys. 63.

jących do szczytów wysokich gór, jak Mont-Blanc w Alpach, stwierdziło, że woda wrze w temperaturze znacznie niższej, niż 100°C (np. na górze Mont-Blanc w 85°C).

Na górach przecież ciśnienie krótszy słup powietrza, niż w dolinach, a więc ciśnienie jego jest mniejsze; to właśnie wpływa na obniżenie temperatury wrzenia.

Zmniejszenie ciśnienia sprowadzić możemy też sztucznie, a wraz z tem okazać obniżenie temperatury wrzenia cieczy.

Wykonajmy w tym celu proste i ciekawe doświadczenie! Weźmy kolbę (około litra), najlepiej o dnie okrągłym, i, wypełniwszy ją do połowy wodą, zagrzijmy do wrzenia (rys. 63). Wrzenie to należy podtrzymywać w ciągu mniej więcej pięciu minut, żeby wydobywająca się z kolby para stopniowo usunęła całe znajdujące się tam uprzednio powietrze, sama zastępując jego miejsce. Po upływie tego czasu odstawiamy na bok palnik i natychmiast zatykamy kolbę szczelnym korkiem gumowym. Wtedy odwracamy ją do góry dnem (rys. 63) i zaczynamy polewać zimną wodą. Woda nagle wrzeć zaczyna, chociaż jej wcale nie ogrzewamy, przeciwnie, nawet chłodzimy. Jakże to sobie wytłumaczyć?

Bardzo prosto. Przy polewaniu chłodną wodą ścianki kolby stygną, wywołując tem samem skraplanie, a więc znikanie pary wewnątrz samej kolby. Skutek jest taki, jakgdyby para była usunięta, stąd zmniejszenie ciśnienia pary wewnątrz kolby i, co za tem idzie, wrzenie wody w temperaturze niższej, niż na otwartym powietrzu. Zwiększenie ciśnienia gazu (np. powietrza lub pary), jak łatwo przewidzieć, sprawia skutek wprost odwrotny, mianowicie, podnosi temperaturę wrzenia cieczy.

Z wyższą temperaturą wrzenia z powodu większego ciśnienia spotykamy się na przykład w kotłach parowych, dostarczających pary do maszyn parowych. W nich para w mniejszej ilości uchodzi z kotła, niż jej się w każdej chwili wytwarza z wody w kotle, stąd powstaje pewien nadmiar ciśnienia (ono to nieraz może rozerwać kocioł), który wywołuje podwyższenie temperatury wrzenia wody w kotle.

Obecnie, gdy już kończymy rozdział o wrzeniu i parowaniu, zastanówmy się jeszcze przez chwilę nad tem, czym się różni burzliwe wrzenie od spokojnego parowania.

Jedno i drugie prowadzi do zamiany cieczy na parę. Każde z nich zużywa ciepło parowania.

Ale parowanie może się odbywać w każdej temperaturze, wrzenie zaś tylko w pewnej określonej (jeśli mówimy np. o wrzeniu na otwartem powietrzu).

Poza tem parowanie zachodzi jedynie u swobodnej powierzchni cieczy, natomiast podczas wrzenia zamiana cieczy na parę odbywa się nietylko u tej powierzchni, lecz również i wewnątrz samej cieczy (tworzenie się pęcherzyków w głębi cieczy wrzącej).

PARA WODNA W ATMOSFERZE. WĘDRÓWKA WODY W PRZYRODZIE I OPADY ATMOSFERYCZNE.

Skoro parowanie wody, jak zresztą wszelkiej cieczy, może się odbywać w każdej temperaturze, a ilość samej wody, jak wiemy z geografji, jest na kuli ziemskiej olbrzymia, to łatwo stąd wywnioskować, że i pary wodnej dużo może być w powietrzu, w otaczającej nas atmosferze, chociaż nie widzimy jej wcale.

Nieraz, dla zrozumienia niektórych zjawisk w przyrodzie lub w życiu codziennem, niekoniecznie musimy wykonywać odpowiednie doświadczenie, wystarczy tylko przypomnieć sobie jakiś fakt, coś, z czem często spotykaliśmy się, nie zwracając przedtem na to baczniejszej uwagi.

Przypominamy sobie np., jak to podczas lata karafka, wypełniona chłodną wodą, pokrywa się obfitą rosą, dużemi nawet kropelkami wody.

Skąd się wzięła ta woda? Wszak nie przedostała się przez ścianki karafki, a więc ta ciecz, osiadła w postaci rosy, mogła wytworzyć się tylko z powietrza. Niema w tem nic dziwnego, skoro para przy oziębianiu się ulega skropleniu. Oziębienie zaś tu zostało wywołane zetknięciem się warstwy powietrza razem z zawartą w niem parą z chłodnemi ściankami karafki.

Z tej samej racji, gdy ktoś, używający okularów lub binokli, wchodzi w zimie z mrozu do pokoju, szkła jego pokrywają się rosą i przez to matowieją. Niewidzialna para, zawarta w tych warstwach powietrza, które zetknęły się z chłodnem szkłem okularów, straciwszy swe ciepło utajone parowania, zamienia się na plyn, daje krople rosy. Ogrzejmy uprzednio przed wejściem do pokoju te same szkła czy w rękach, czy jakkolwiek inaczej, a zjawisko tak zwanego «pocenia się» okularów nie wystąpi.

Podczas pogodnych nocy letnich ziemia oraz rośliny ją pokrywające szybko stygną; ziemia wystygła przytem bardziej, niż powietrze, i dlatego to para, znajdująca się w warstwie powietrza, bezpośrednio do ziemi przylegającej, skrapla się, dając rosę.

Jeśli jednak para wodna w powietrzu oziębi się jeszcze silniej, w takim razie woda, pierwotnie z niej powstała, zamienia się na lód, tworząc szron na powierzchniach tych ciał, które właśnie tak wielką stratę jej ciepła spowodowały.

Rosa i szron należą do opadów atmosferycznych. Z oceanów i mórz parują olbrzymie ilości wody, a na to parowanie pochłaniają one wielkie ilości ciepła. Okoliczność ta tłumaczy nam, dlaczego na wyspach, lub w miejscowościach nadmorskich, nie spotykamy tak wysokich temperatur lata, jak w krajach w głębi lądu położonych. Podczas upałów woda, zużywając ogromne ilości ciepła dla wytwarzania pary (537 kaloryj na każdy gram!), a nie na podnoszenie swej temperatury, wywiera tem samem wpływ łagodzący na klimat (jego temperaturę) danego kraju.

Poza tem, jak wiemy z poprzedniego (patrz str. 75), przyczynia się do tego również i wysokie ciepło właściwe wody.

Zastanówmy się jednak dalej nad tem, co się potem stanie z parą, która się wytworzyła u powierzchni oceanu, morza lub innego naturalnego zbiornika wód? Jako lżejsza od powietrza, będzie się ona unosiła ku górze, a porwana przez wiatry, panujące w danej strefie, może być łatwo przeniesiona do krajów nawet bardzo odległych od pierwotnego jej miejsca powstania. Jeśli właśnie tam się dopiero skropli, to i tam też dopiero odda ciepło skraplania (jak np. para w kaloryferze), ogrzewając niem kraj, w którym nastąpiło jej skroplenie.

Wiatry, wiejące z oceanu Atlantyckiego, przynoszą w obfitości parę, która, skraplając się w Anglii, Irlandji lub wogóle w zachodniej Europie, oddaje tym krajom to ciepło, które nieraz zostało przez nią otrzymane gdzieś pod równikiem, o ile, na przykład, przyniósł ją wiatr południowo-zachodni.

Stąd widzimy, że para, wędrując w atmosferze, przenosi z sobą nie tylko wodę, a więc ciało często bardzo pożądane, lecz i zapasy ciepła, obdzielając niem kraje chłodniejsze i przez to również łagodząc ich klimat.

Czy skroplenie pary w powietrzu jest równoznaczne z właściwym opadem deszczowym? Wszak, gdy z gotującego się garnka uchodzi para i wytwarza dobrze znany obłoczek, nie widzimy przytem, żeby to koniecznie miało być połączone ze spadaniem kropel wody, czyli czemś podobnem do deszczu. A jednak obłoczek nad gotującym się płynem jest to już pył wodny, inaczej zbiorowisko drobnych kropelek ciecży. Właśnie taki obłoczek objaśnia nam, jak powstają chmury, mgły i obłoki w atmosferze. Są to skupienia drobnutkich kropelek wodnych, unoszących się w powietrzu dzięki swoim nadzwyczaj małym wymiarom (podobnie do cząsteczek kurzu, zawieszonego w atmosferze). Powstają one z pary wodnej, gdy ta, wznosząc się ku górze i spotykając co-

raz zimniejsze warstwy powietrza, sama ulega oziębieniu i następnie skropleniu.

Chmury mogą przybierać najrozmaitsze kształty. Gdy wytwarzają się bardzo nisko, np. nad łąkami lub trzęsawiskami, nazywamy je mgłami.

Skoro małe kropelki, tworzące chmurę, zaczęły się łączyć ze sobą w krople większe, wtedy powstają chmury bardziej ciemne (deszczowe), ciężkie, które następnie opadają pod postacią deszczu.

Chmury unoszą się na różnych wysokościach, i nieraz krople deszczu, spadające z tych wyżej położonych chmur, mogą w drodze do ziemi wyparować, jeśli trafią na cieplejsze warstwy powietrza.

Dlatego też w miejscach wyżej położonych, jak na przykład na górach, wypada pospolicie znacznie więcej deszczu, niż w dolinach (Zakopane).

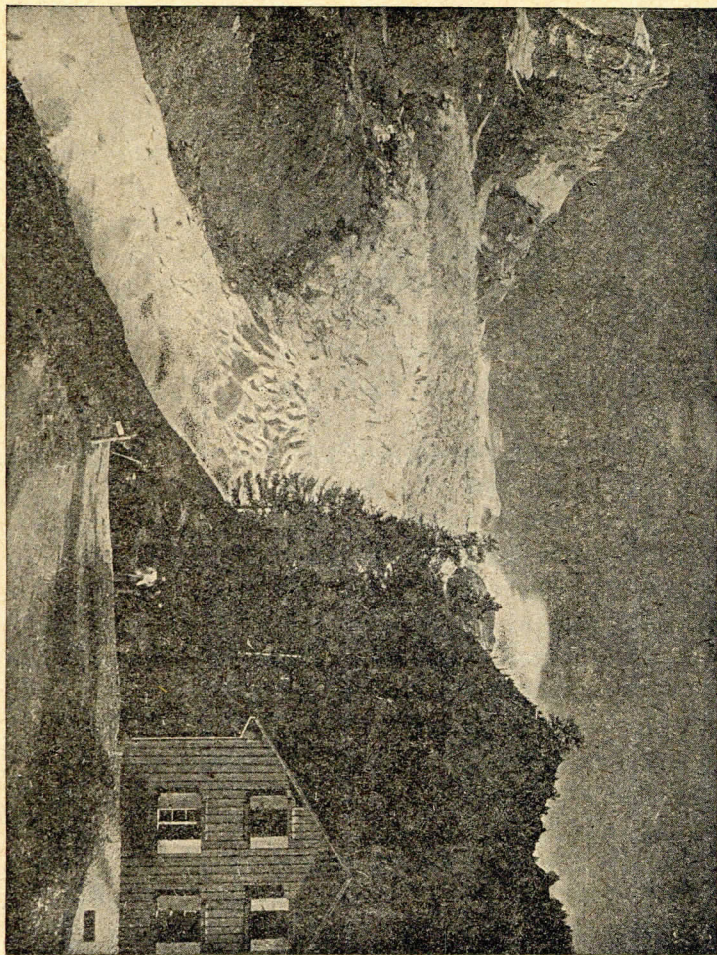
Jeśli obniżenie temperatury, które spowodowało skroplenie pary, przekroczy zero skali termometrycznej, to wspomniane kropelki wody zamieniają się na igielki lodu, tworząc chmury śniegowe lub gradowe.

Śniegi, obficie spadające na wysokich górach, wytwarzają tam ogromne pokłady lodu, zwane lodowcami (rys. 64 i 65); powstają one ze śniegu w podobny sposób, jak to obserwujemy na zwyczajnej śnieżce, którą, mocno ściskając, możemy zamienić na kawałek lodu. W przypadku lodowców takiego ciśnienia dostarczają same warstwy śniegowe, ponieważ górne z nich swoim ciężarem wywierają olbrzymi nacisk na dolne.

Oceany, morza, rzeki i jeziora tracą ciągle wodę wskutek nieustannego parowania. Zczasem zatem powinnyby wyschnąć, gdyby woda, która je opuściła jako para, nie wróciła już do nich.

Wraca ona jednak do nich ciągle, czy to w formie deszczu lub śniegu, (albo nawet gradu), a więc pod postacią opadów atmosferycznych, czy też jako woda

rzek, które ją otrzymują ze źródeł lub od lodowców. Lodowce są jakby temi ciągle odnawiającemi się zapa-



Rys. 64. Lodowiec alpejski w pobliżu Mont Blanc.

sami wody w postaci stałej, które stopniowo, obsuwając się w doliny i tam topniejąc stają się niewyczerpanem źródłem rzek.

A więc tak się przedstawia wędrówka wody w przyrodzie. Cóż jednak zmusza wodę do tej wędrówki? Czy



Rys. 65. Przeprowa przez lodowiec.

może lód stopnieć, a woda wyparować bez dostarczenia im ciepła? Naturalnie nie, a źródłem tego ciepła jest słońce. Ciepło słońca jest tym czynnikiem potężnym

który zmusza wodę do owych zmian i ruchu jej w przyrodzie.

Opady atmosferyczne w Polsce.

Ziemie polskie niejednakowo obfitują w opady atmosferyczne. Miejsca wyższe są obficie zraszane przez opady, które przynoszą wiatry z nad Atlantyku, oraz w mniejszej mierze z nad morza Bałtyckiego.

Wpływ dodatni wzniesienia ładu na zwiększenie ilości opadów widzimy w miejscowościach, położonych w Karpatach i na stokach tych gór (Podkarpacie). Tutaj prądy powietrza, podnosząc się stopniowo wraz z łądem, ulegają oziębieniu, co wywołuje skraplanie zawartej w nich pary i wpływa na powiększenie ilości opadów atmosferycznych w tych okolicach.

Do południowo-wschodniej części Polski dochodzą wiatry już znacznie w parę zubożone.

Stąd też północno-zachodnia część ma klimat o cechach morskich, a południowo-wschodnia posiada własności klimatu lądowego.

ROZCHODZENIE SIĘ CIEPŁA.

PRZEWODZENIE CIEPŁA W CIAŁACH STAŁYCH.

W poprzednich rozdziałach nieraz mówiliśmy o ostygnięciu lub ogrzewaniu się ciała, czyli o wędrówce ciepła od jednego do drugiego ciała, nie zastanawiając się nad tem jednak, w jaki to sposób ta wędrówka odbywać się może.

Obecnie, chcąc bliższe sobie wytworzyć wyobrażenie o sposobach tego przechodzenia ciepła od ciała do ciała, zrobimy następujące doświadczenia.

Weźmy dwa druty (żelazny i miedziany) możliwie jednakowej grubości (np. około 2 mm.) i długości (długość 15—20 cm.); jeden z nich, żelazny, ujmijmy w rękę lewą,

a drugi, miedziany, w prawą, zanurzwszy końcami przeciwnymi jednakowo głęboko w płomieniu świecy lub lampki spirytusowej. W krótkim czasie drut miedziany stanie się tak gorący, że będzie nas parzył, i trzeba go będzie z rąk wypuścić, gdy, przeciwnie, żelazny w tym samym czasie stanie się tylko ciepłym i w rękę go jeszcze z łatwością trzymać czas jakiś będziemy mogli.

Zamiast metali użyjmy teraz pręcika szklanego i drewnianego tej samej co tamte długości i grubości, powtarzając z nimi doświadczenie poprzednie. Cóż się okaże? Jakież różnice wystąpią w tych dwu przykładach? Pomimo tego, że przy końcu, zanurzonym do płomienia, drzewo będzie się palić, a laseczka szklana żarzyć, my w palcach wyraźnego ogrzania nie wyuczujemy.

Czy ciepło jednakowo łatwo przenosi się z płomienia przez metale, drzewo i szkło w kierunku naszej ręki? Oczywiście, że nie. Z tych ciał, które użyliśmy do doświadczenia, miedź, jak widzimy, w tym samym czasie przenosi największe ilości ciepła, żelazo znacznie mniejsze, a bez porównania bardziej znikomą ilość ciepła przenoszą takie ciała, jak szkło, a szczególnie drzewo. Ponieważ w fizyce takie rozchodzenie się ciepła, o jakim w tej chwili była mowa, nazywamy przewodzeniem, więc powiemy, że w naszym przykładzie miedź jest dobrym przewodnikiem, żelazo gorszym, a najgorszymi szkło i drzewo.

Przewodzenie ciepła uważamy jako przechodzenie jego od jednej cząsteczki ciała do drugiej, od warstwy do warstwy, ale bez widocznego wędrowania i zmiany miejsca samych cząsteczek ciała ogrzewanego.

Robiąc podobne doświadczenia z innymi ciałami, przekonano się, iż w naturze stosunkowo najlepszymi przewodnikami ciepła są ciała stałe, potem idą ciecze a ostatnie miejsca zajmują gazy. Pomiedzy ciałami stałymi do

najlepszych przewodników należą metale, a z pośród nich pierwsze miejsce zajmuje srebro, potem idzie miedź, złoto, aluminium, żelazo; platyna zaś i rtęć np. są to już gorsze przewodniki wśród ogółu metali.

Do najgorszych przewodników z pośród ciał stałych należą: drzewo, szkło, skóra, tkaniny z włókien zwierzęcych (wełna i jedwab są gorszymi przewodnikami od bawełny), guma i t. p.

PRZEWODZENIE CIEPŁA W CIECZACH I GAZACH.

Dla przekonania się o złym przewodzeniu ciepła w wodzie (inne ciecze również nie są dobrymi przewodnikami ciepła) możemy wykonać takie oto dość łatwe a pouczające doświadczenie.

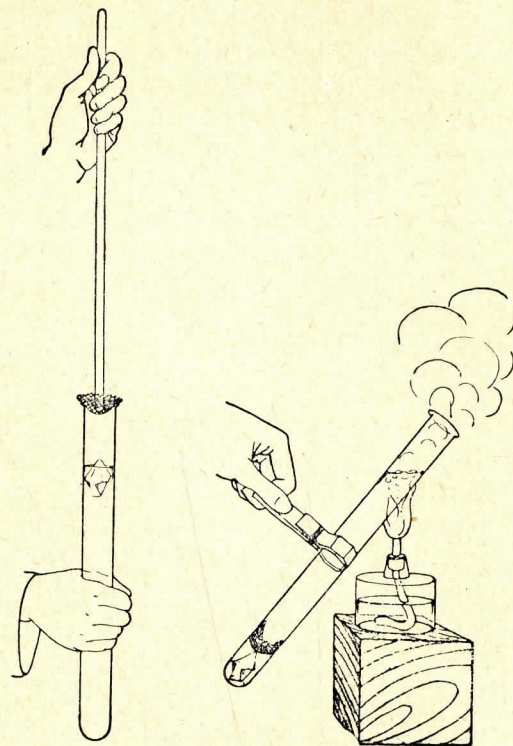
Bierzemy dosyć dużą i szeroką probówkę, wypełniając ją zimną wodą i paroma kawałeczkami lodu do $\frac{3}{4}$ całej jej wysokości.

Lód naturalnie pływa u góry; żeby go sprowadzić na dno, wycinamy z metalowej siatki, z cienkich drucików zrobionej, krążek, większy od otworu probówki, zaginamy jego brzegi, jak wskazuje rysunek 66, w tym celu, żeby go można było wepchnąć do probówki, naciskając nań zlekka szklaną bagietką.

Przesuwając siatkę paleczką ku dołowi, jednocześnie spychamy na dno probówki kawałki lodu, poprzednio pływające u powierzchni wody. Gdy lód zostanie wycofany na samo dno probówki, a siatka, oparta o ścianki tejże, będzie go w tej pozycji stale utrzymywać, wtedy, ujawszy w łapkę probówkę, ogrzewamy górną jej część aż do zagotowania się wody, w niej zawartej.

Woda u góry zacznie po chwili wrzeć, a więc osiągnie temper. 100°C , gdy u dołu lód, przytrzymywany siatką, będzie miał tylko 0°C , bo przecież w wyższej temperaturze, jak wiemy, nie mógłby pozostać w stanie stałym.

Doświadczenie to dowodzi, że woda jest złym przewodnikiem ciepła, bo tylko dzięki tej jej własności woda wrząca i lód topniejący mogły istnieć jednocześnie w tem samym naczyniu, pozostając w niewielkiej od siebie odległości.



Rys. 66.

Czy jednak w ostatniem doświadczeniu woda, ogrzewana u góry, mogła się poruszać w stronę lodu? Wszakże górna jej warstwa wskutek ogrzewania stała się lżejszą, a więc nie mogła opaść na dno naczynia, gdzie spotkałaby się z lodem

A więc podczas doświadczenia ciecz ogrzana nie zmieniała swego miejsca, ciepło zaś samo tylko wędrowało od warstwy do warstwy drogą przewodzenia.

O ile probówkę wypełnimy rtęcią i, trzymając za dolny koniec rurki, ogrzejemy tylko część górną, to okaże się, że cała rtęć wkrótce rozgrzeje się do tego stopnia, iż parzyć będzie rękę. Dzieje się tak dlatego, że rtęć jest metalem, a więc ciałem względnie dobrze przewodzącem ciepło w porównaniu np. z wodą.

Wszelkie zaś inne ciecze, podobnie jak woda, są zlemi przewodnikami ciepła. Jeszcze gorzej od cieczy przewodzą ciepło ciała gazowe: można naprzykład trzymać palec w powietrzu bardzo blisko obok płomienia świecy (byłe nie nad płomieniem), nie obawiając się spaznienia.

Rola złych przewodników ciepła.

Jakąż to rolę spełniają w naszym życiu ciepłe ubrania, futra, miękkie puszyste materje i t. p.

Pospolicie mówimy, że futro lub palto nas grzeje, lecz łatwo zrozumieć, że jest to tylko taki sposób wyrażania się, bo przecież futro lub palto nie jest żadnym piecykiem i samo z siebie żadnego ciepła nie wydziela. Rzeczywiście, jest nam w nich cieplej, ale to dlatego, że, będąc zlemi przewodnikami ciepła, utrudniają one w bardzo znacznym stopniu uchodzenie jego z naszego ciała; ich działanie powinno być nazwane nietyle ogrzewającym, ile raczej zatrzymującym ciepło naszego organizmu.

To samo zapobieżenie utracie ciepła ma na celu sypanie pod podłogi popiołu lub trocin; owijanie roślin na zimę słomą; wstawianie podwójnych okien przy zbliżaniu się chłodów (warstwa powietrza między oknami — zły przewodnik ciepła) i t. p.

W wielu ciałach, któremi zabezpieczamy się od zimna,

pierwszorzędne znaczenie ma powietrze, zawarte pomiędzy ich cząsteczkami, ponieważ samo jest bardzo złym przewodnikiem ciepła.

Dlaczego śnieg, leżący na polach, chroni zasiewy od wymarzania?

Nietylko dlatego, że lód sam przez się jest złym przewodnikiem ciepła, ale i z tego względu, że wystyganie ziemi jest ponadto utrudnione przez obecność obfitej ilości powietrza, uwięzionego pomiędzy igielkami lodu, z których składa się śnieg.

Skutki złego i dobrego przewodnictwa niektórych ciał.

Okreśmy pręt miedziany (miedź jest bardzo dobrym przewodnikiem ciepła, patrz str. 115) paru zwojami cienkiej białej nici, zrobmy to samo na paleczce szklanej. Po zanurzeniu do płomieni tych prętów, okaże się, że na szklanej paleczce nic zacznie się palić, gdy na miedzianej przez pierwszych chwil kilka nie zauważymy żadnej zmiany. Ta sama nic w tym samym płomieniu w jednym wypadku zapala się odrazu, w drugim dopiero po jakimś czasie. Skąd ta różnica?

W przypadku miedzi (dobry przewodnik) zabierał metal od nici o tyle szybko ciepło, dostarczane przez płomień, że przez czas jakiś nic nie mogła się ogrzać w takim stopniu, któryby wystarczył do jej zapalenia się (*każde ciało palne, żeby zacząć płonąć, musi być ogrzane do pewnej jemu właściwej i odpowiednio wysokiej temperatury*). Przeciwnie, szkło w słabym stopniu uprowadzało ciepło od nawiniętej na niem nici, i wobec tego nic, nie będąc pozbawiana ciepła przez stykający się z nią zły przewodnik, mogła szybko tak się nagrzać, że aż zapłonęła.

Dlaczego, gdy w tym samym pokoju dotykamy różnych przedmiotów, np. drewnianych i metalo-

wych, drugie wydają się nam chłodniejszymi, chociaż przy pomocy termometru można byłoby sprawdzić, że wszystkie one posiadają tę samą temperaturę.

Kiedy ciało nasze obficie traci ciepło, kiedy to ciepło ciała prędzej ucieka, czy przy zetknięciu ze ziemi, czy z dobrymi przewodnikami ciepła? Naturalnie, odpowiedzieć, przy zetknięciu z dobrymi.

A właśnie chłód odczuwamy tem silniej, im więcej ciepła w tym samym czasie tracimy. Stąd staje się zrozumiałe, dlaczego metalowa klamka u drzwi wydaje się nam zimniejszą, niż same drzwi drewniane; przecież prędzej, niż one, zabiera od nas ciepło.

W przypadku ciała silnie rozgrzanego spotkalibyśmy się ze zjawiskiem wprost przeciwnem: części metalowe jego bardziejby nas parzyły, niż drewniane, bo doprowadzałyby ciepło obficie.

Który dach zabezpiecza nas bardziej od mrozów i upałów: żelazny, czy drewniany lub słomiany?

Wiedząc, że słoma i drzewo są gorszymi przewodnikami ciepła, niż żelazo, nietrudno odpowiedzieć na to pytanie.

Pytania: 1. Z czego zrobicie rączki i uszka naczyń przeznaczonych do ogrzewania?

2. Dlaczego łatwo odmrozić ręce, gdy na mrozie dotykają one metalu?

3. Poco lód w składach nakrywają warstwą słomy?

UNOSZENIE CIEPŁA W CIECZACH. KONWEKCJA.

Rozważmy bliżej pewną czynność, znaną z życia codziennego, mianowicie zwyczajne ogrzewanie wody w naczyniu (rys. 67).

Naczynie powinno być dosyć duże (kolba lub zlewka o pojemności około 2 litr.), żeby samo zjawisko wystąpiło dostatecznie wyraźnie.

Do wody w naczyniu dodajemy trochę drobnych trocin, świeżo zwilżonych, bo suche pływałyby tylko u samej powierzchni, nie opadając w głąb cieczy. W naczyniu takim, pozostawionem w spokoju, nie dostrzegamy żadnych ruchów trocin, wodą otoczonych.

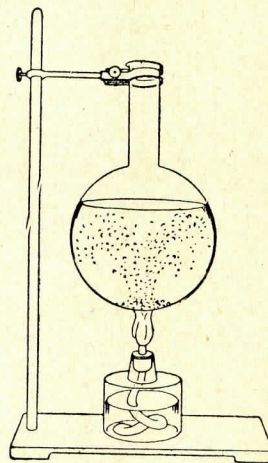
Spróbujmy jednak ogrzać ciecz płomieniem. Odrazu zauważymy wśród cząsteczek cieczy ruch, który zdradza porwane przezeń trociny. Od tego miejsca dna kolby, które bezpośrednio przypada nad płomieniem, a więc naj- silniej się ogrzewa, stale wznosi się prąd ku górze, po bokach zaś zdała od płomienia widzimy prądy, opadające ku dołowi.

Ruch trocin wskazuje na ruch samych cząsteczek cieczy. Jak mogło jednak ogrzewanie taki ruch wywołać?

Czy wszystkie warstwy cieczy ogrzewają się w danej chwili jednakowo?

Nie, najsilniej te, które są najbliżej płomienia, a więc warstwy przylegające do dna. Wiemy też (patrz str. 42), że przy ogrzewaniu ciała się rozszerzają, a ich ciężar właściwy przez to się zmniejsza. Woda więc, znajdująca się najbliżej dna, najwięcej się ogrzeje i rozszerzy, a stawszy się z tego powodu lżejszą od wody w warstwach górnych, chłodniejszych, musi wypłynąć ku górze, ustępując miejsca warstwom cięższym, które się jeszcze ogrzać nie zdążyły. Gdy te warstwy się z kolei ogrzeją, to również uniosą się ku górze, a ich miejsce zostanie zajęte przez nowe, i tak to będzie trwało dotąd, dopóki palnik u dołu dostarczać będzie ciepła.

Powstanie takich prądów ułatwia ogrzanie się całej



Rys. 67.

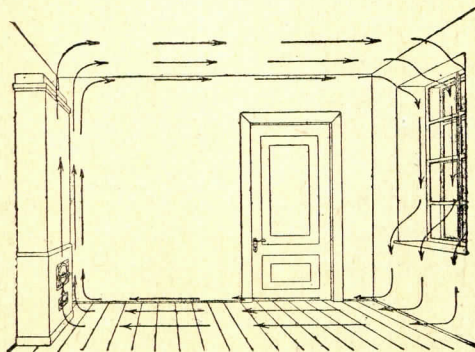
cieczy, ponieważ ruch jej staje się przyczyną jej ciągłego automatycznego mieszania się. Stale więc, zamiast warstw już ogrzanych, przychodzą bliżej ognia warstwy chłodniejsze, którym ciepło tem łatwiej udzielone być może. Poza tem ciepły prąd, wzbijający się ku górze, po drodze mieszając się z warstwami chłodniejszymi, również ich ogrzanie wydatnie przyspiesza. Słowem, razem z ogrzaniem cząsteczkami ciała wędruje (przenosi się) i ciepło, które one z sobą noszą, stąd też powstała podana w nagłówku nazwa tego sposobu rozchodzenia się ciepła.

Taki jednak ruch cząsteczek jest możliwy jedynie w ciałach ciekłych i gazowych. W nich też tylko ciepło na tej drodze rozchodzić się może.

Rozchodzenie się ciepła przez unoszenie nazywa się także *konwekcją* od słowa łacińskiego *conveho* — *unoszę, przewożę*.

UNOSZENIE CIEPŁA W GAZACH.

Powietrze pokoju ogrzewa się przez napalony piec głównie przy pomocy prądów, które powstają tu z tych

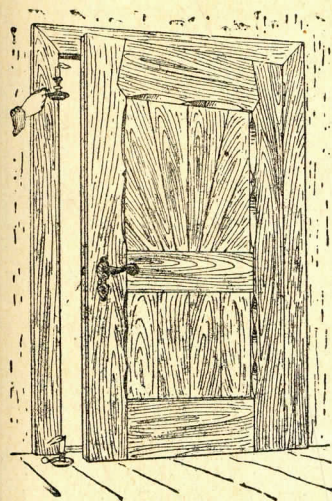


Rys. 68.

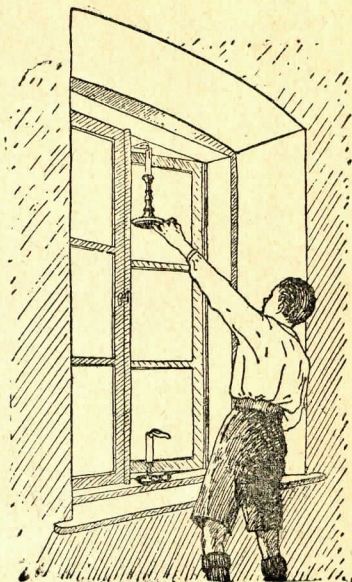
samych powodów i w ten sam sposób, jak i prądy w cieczy. Ciepłe powietrze przy piecu wznosi się ku górze,

jako lżejsze, a miejsce jego zajmie zimniejsze, które napływa dołem od strony okien (rys. 68).

Prąd ciepły (lżejszy) górny i zimny (cięższy) dolny łatwo możemy wykryć przy pomocy płomienia świecy, jeśli, zlekka uchylwszy drzwi z pokoju zimniejszego, np. z sieni do cieplejszego (rys. 69), będziemy trzymać



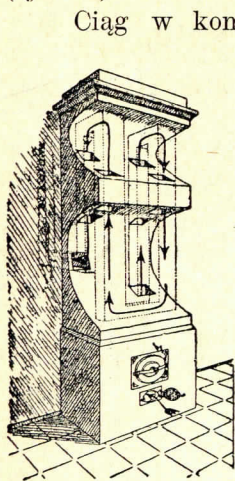
Rys. 69.



Rys. 70.

świecę raz u góry, drugi raz u dołu. W pierwszym wypadku płomień świecy pochylił się w stronę zimniejszego pokoju — dowód to ruchu powietrza ciepłego górną ku pokojowi zimnemu; w drugim wypadku płomień skieruje się ku cieplejszemu pokojowi, wskazówka to, że istnieje prąd zimny powietrza, napływającego dołem (bo cięższego) z pokoju zimniejszego do lepiej ogrzanego.

Takież doświadczenie możemy wykonać, poprostu zlekka uchylając okno podczas chłodniejszej pory roku (rys. 70).



Rys. 71.

Gazy gorące, które wychodzą z paleniska, przebywając długą drogę w kanałach pieca, mają w ten sposób możliwość oddania jemu większych ilości swego ciepła.

pieca powietrze, wytwarzające tem samym prąd dolny, chłodniejszy (rys. 72).

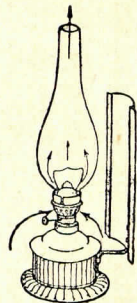
Powstawanie wiatrów.

Wiatry są to prądy powietrza, powstałe pod wpływem nierównomiernego ogrzewania. Używając chorągiewki, łatwo wyznaczyć możemy kierunek wiatru; dajemy przytem wiatrowi nazwę tej okolicy z której przybywa.

Mieszkańcom wybrzeży dobrze jest znany t. zw

Ciąg w kominie nie jestże przykładem ruchu powietrza, powstałego wskutek ogrzania? Gorące powietrze i gazy, otrzymane przy spalaniu, wszystko to, ogrzane w palenisku pieca, jako lżejsze, idzie ku górze do komina, dołem zaś przez drzwiczki napływa powietrze niezbędne do palenia i stosunkowo chłodne (rys. 71).

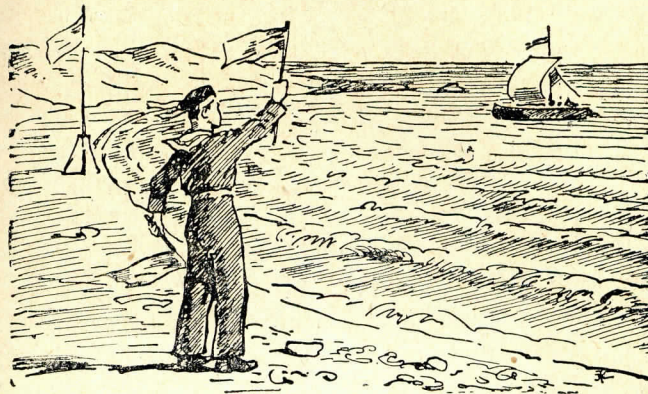
Drobne cząsteczki sadzy, porwane przez ciepły prąd powietrza, unoszący się z komina, wskazują nam drogę (podobnie jak trociny w wodzie), jaką odbywa powietrze ogrzane a więc lżejsze; płomień zaś świecy lub dym z papierosa, użyte w pobliżu drzwiczek palącego się pieca, wyznaczają kierunek, w którym napływa do



Rys. 72.

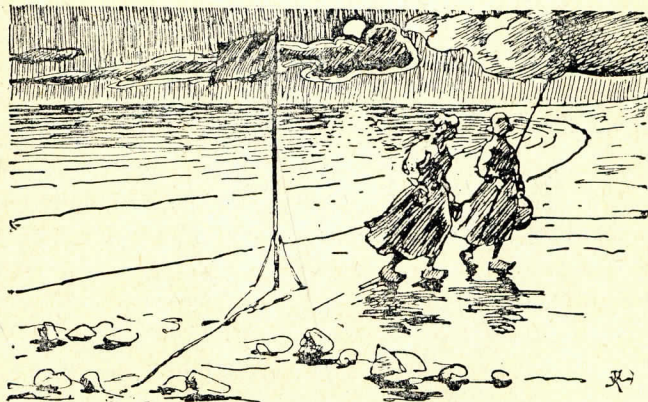
Prądy konwekcyjne w lampie.

wiatr morski i lądowy; pierwszy wieje w dzień, drugi zaś w nocy. W dzień promienie słońca ogrzewają



Rys. 73.

stały ląd do temperatury wyższej, niż wodę oceanu lub morza, to też i powietrze, stykające się z lądem, ogrzewa



Rys. 74.

się silniej, niż warstwy powietrza, będące w zetknięciu tylko z wodą. Powietrze więc silniej ogrzane, jako lżejsze

unoszą się z lądu ku górze, na jego zaś miejsce napływa dołem od strony morza (rys. 73) inne — chłodniejsze; prąd tego powietrza stanowi wiatr morski, któremu przebywający nad morzem zawdzięczają to orzeźwiający działanie w dniu upalne.

W nocy natomiast powstaje wiatr lądowy, wywołany bardziej szybkim ostygnięciem lądu, niż wody; teraz powietrze cieplejsze z nad wody wytwarza prąd, unoszący się ku górze, za którym idzie prąd chłodniejszy, skierowany od lądu dołem ku morzu; i ten to prąd nosi nazwę wiatru lądowego (rys. 74).

Wogóle wiatry, t. j. prądy powietrza, powstają na kuli ziemskiej głównie wskutek nierównomiernego jej ogrzewania się.

Prądy w oceanach, morzach i jeziorach.

Poza powietrzem prądy konwekcyjne spotykamy w naturze równie często i w cieczach, na przykład w oceanach i morzach, lub innych zbiornikach wód. Z nastaniem chłódów stygną górne warstwy tych zbiorników i opadają, jako cięższe, ku dołowi, na ich miejsce wypływają zdołu warstwy cieplejsze, a więc lżejsze, ulegając z kolei temu samemu losowi, co poprzednie, i znowu ustępując miejsca cieplejszym i t. d.

Przykładem prądu, powstającego w oceanie pod wpływem wiatru i przynoszącego ciepło w ogromnych ilościach całej zachodniej Europie, jest prąd morski, o którym słyszeliście już w geografii, i który nazwano Zatokowym. Bierze on początek u wysp Wielkich Antylów, położonych pod Zwrótnikiem Raka, i, przepływając Atlantyk w kierunku z południo-zachodu na północo-wschód, przynosi Irlandji, Anglii i Skandynawji w postaci ogrzanych warstw wody tyle ciepła, że kraje te mają klimat znacznie łagodniejszy, niż miejscowości w tej samej szerokości geograficznej, ale położone na wschodnim brzegu Północnej

Ameryki, zdala od dobroczynnego działania prądu Zatokowego. Oprócz niego są także i inne jeszcze podobne prądy morskie w innych oceanach i morzach na kuli ziemskiej.

PROMIENIOWANIE.

Dla rozchodzenia się ciepła przez przewodnictwo i unoszenie niezbędna jest, jak wiemy, obecność cząsteczek materji, któreby w takim wędrowaniu ciepła pośredniczyły. Zapytajmy jednakże, w jakiż to sposób słońce przesyła nam codziennie tak olbrzymie zapasy ciepła? Ciepło słoneczne nie może się przecież przedostać do kuli ziemskiej ani przez przewodnictwo, ani zapomocą przenoszenia się samych cząsteczek materji, ponieważ poza granicami atmosfery zaczyna się przestrzeń, którą zowiemy próżnią, bo obecności w niej materji stwierdzić nie możemy. By zrozumieć powyższe zjawisko, zwróćmy się jednak do innych przykładów, dobrze nam znanych z życia codziennego.

A więc, stojąc w odległości kilku kroków od napalonego pieca, otworzymy nagle jego drzwiczki, pociągnąwszy chociażby za sznurek; uczujemy w tejże chwili wyraźnie ciepło, które w takiej ilości i tak szybko nie przybyłoby ani przez przewodnictwo (powietrze jest złym przewodnikiem ciepła), ani przez prądy w powietrzu (które jako ciepłe idą ku górze, ale nie w kierunku poziomym).

Z tych dwóch przykładów musimy wnosić, że istnieje jeszcze jakiś inny sposób udzielania się ciepła od ciała do ciała.

Ten trzeci sposób nosi nazwę promieniowania. Nazwa jego tem się tłumaczy, że ma on bardzo wiele wspólnego z promieniami światła, wysyłanymi przez ciała świecące.

Gdybyśmy otwarte drzwiczki od pieca zasłonili (na-

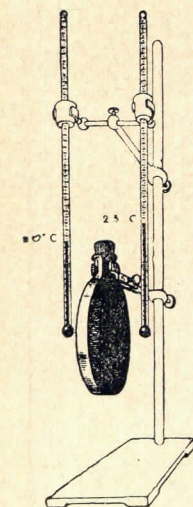
wet zdala od nich) kawałkiem tektury, odrazu zniknęłoby doznawane uczucie ciepła, ponieważ promieniowanie pieca, rozchodzące się po liniach prostych, tak samo nie przenika przez tekturę, jak promienie światła. Tektura w danym wypadku służy jako zasłona nieprzenikliwa zarówno dla ciepłych, jak i świetlnych promieni, wytwarzając poza sobą miejsce zacienione, t. j. pozbawione promieni.

Czy jednak promieniować mogą tylko ciała świecące?

Wszakżeż piec napalony lub pręt żelazny rozgrzany promieniuje nie tylko wtedy, gdy został ogrzany do czerwoności, lecz i w tym wypadku, gdy jest tylko gorący, a światła wcale jeszcze nie wysyła.

O takim jego promieniowaniu przekonywamy się, zbliżając doń rękę, z którejkolwiek strony, zwłaszcza zdołu, dokąd ciepło ani przez przewodnictwo, ani przez konwekcję dojść nie może.

Ten rodzaj promieniowania, niepołączony z jednoczesnym świeceniem ciała, nazywamy promieniowaniem ciemnym.



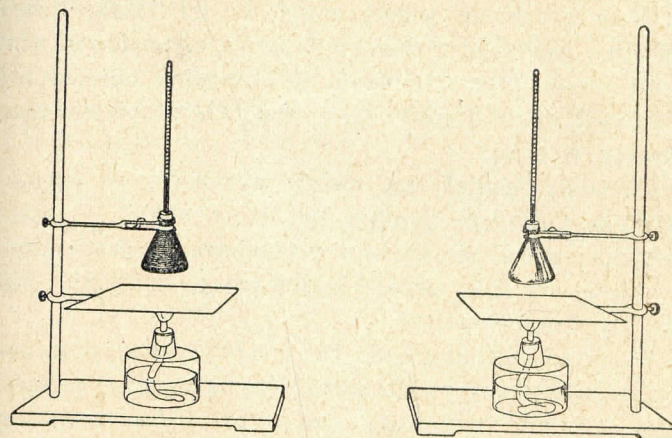
Rys. 75.

W celu bliższego zapoznania się z własnościami takiego promieniowania, przeróbmy następujące doświadczenia.

Plaskie blaszane naczynie (rys. 75), którego jedna ścianka jest blyszcząca (np. poniklowana), a druga okopcona sadzą (zapomocą spalania waty, uwiązanej na szklanej palceczce i przepojonej terpentyną), wypełniamy wodą gorącą (około 100°C), ustawiając z obu stron termometry (jeśli można, podzielone na części stopnia). Odległość termometrów od naczynia, z obu stron jednakowa, wynosi od 3 do 5 cm.

Po upływie pewnego czasu (około 15 minut) zauważymy, że termometr, znajdujący się przy ścianie zakopconej, ogrzał się do temperatury wyższej, niż drugi. Stąd wniosek, że ciała o powierzchni chropowatej i czarnej tracą ciepło przez promieniowanie obficie, niż ciała o powierzchni białej, gładkiej.

Gdybyśmy teraz zasłonili obydwie termometry od strony naczynia zapomocą grubszych szybek szklanych, tobyśmy się przekonali, że termometry prawie przestałyby się ogrzewać, ponieważ to promieniowanie ciemne, które



Rys. 76.

właśnie badamy, z trudnością przenika przez takie ciała, jak szkło lub woda, chociaż ciała te dla światła są bardzo łatwo przenikliwe.

Tu zatem po raz pierwszy zapoznaliśmy się z własnością, która różni promieniowanie ciemne od jasnego.

Jeśli teraz nad blachą, którą od dołu ogrzewamy promieniem lampki spirytusowej, umieścimy dwa naczynia blaszane, wypełnione wodą, z osadzonemi w nich (zapomocą korków) termometrami, jak to wskazuje rysunek 76, to po upływie jakiegoś czasu (10—15 minut) zauważymy, że to

naczynie, które ku dołowi było zwrócone ścianką błyszczącą, ogrzało się o mniejszą ilość stopni, niż drugie, mające dolną powierzchnię okopconą, chociaż woda do nich była nalana w jednakowej ilości ($\frac{3}{4}$ naczynia) i o jednakowej temperaturze.

Z tego widzimy, że ciała o powierzchni ciemnej i szorstkiej nie tylko promieniają w znaczniejszym stopniu, lecz i pochłaniają promieniowanie bardziej, niż ciała o barwie jaśniejszej i powierzchni wygładzonej.

Rzeczywiście ciemne ubranie grzeje nas w słoneczny dzień letni nierównie więcej, niż jasne lub białe, którego tak chętnie używają w gorących krajach, ponieważ chłonie ono mniej promieniowania słonecznego, odbijając je w znacznym stopniu zpowrotem, podobnie do białej ściany lub śniegu w zimie.

Dlaczego jednak na dużej wysokości w górnych warstwach powietrza panuje tak silny chłód, że lotnik, zamierzając unieść się wysoko w powietrze, nawet podczas lata ubiera się tak ciepło, jakbyśmy to uczynili tylko w mroźny dzień zimowy?

Dzieje się to dlatego, że jasne (widzialne) promienie słońca prawie nie są pochłaniane przez atmosferę ziemską, a więc też nie ogrzewają powietrza, które przenikają w drodze do ziemi.

Dopiero ziemia, chłonec je, sama się ogrzewa i promieniuje, jakgdyby piec napalony w pokoju. To zaś tak zwane promieniowanie ciemne ziemi (niewidzialne), pochłaniają warstwy dolne powietrza, nie dopuszczając go na tej drodze do warstw wyższych, które też mają zawsze niższą od dolnych temperaturę.

Powietrze zatem, szczególnie o ile zawiera parę wodną, jest ciałem trudno przenikliwym dla promieniowania ciemnego, podobnie jak szkło ciemne dla promieni światła.

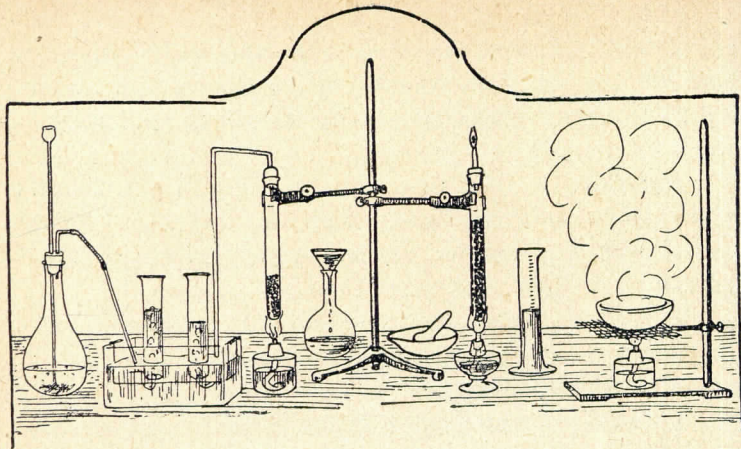
To też atmosferze, otaczającej kulę ziemską, zawdzię-

czamy tę okoliczność, że ziemia, ogrzana w dzień promieniami słońca, nie traci wieczorem i w nocy przez promieniowanie całego swego ciepła, które otrzymała podczas dnia.

Pytania: 1. Dlaczego, gdy w jasny dzień zimowy przykryjemy śnieg w dwóch miejscach płatkami materji czarnej i białej, roztopi się go więcej pod kawałkiem czarnym, niż białym?

2. Kiedy prędzej ostygną imbryki metalowe, albo piec kaflowy, czy będąc białe lub polerowane i błyszczące, czy też matowe i ciemne?

3. Jakie promieniowanie łatwo przenika przez szyby inspektowe, a dla których promieni, przeciwnie, szyby te są trudno przenikliwe? (stąd ogrzewanie się powietrza w inspektach).

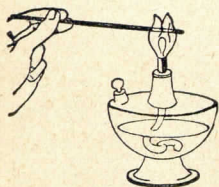


III. CHEMJA.

A. POWIETRZE.

ZACHOWANIE SIĘ METALI W POWIETRZU.

Gdy zanurzamy drucik lub blaszkę srebrną, ujętą w szczypce, do płomienia lampki spirytusowej, to metal po chwili rozżarza się; gdy go usuwamy z płomienia, żarzyć się przestaje. Wsuńmy go ponownie do płomienia, zauważymy taki sam przebieg zjawiska. Zmiana, jakiej ulega w zjawisku tem srebro, nie jest trwała: skoro zmiana ta przeminie, metal nasz poddać możemy podobnej próbie ponownie i przytem dowolną ilość razy.



Rys. 77.

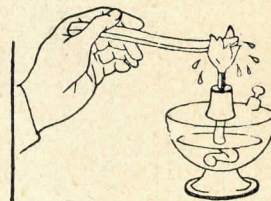
Rozżarzanie się srebra nazywamy zjawiskiem fizycznym (rys. 77).

Mamy tu wszakże inny metal, trochę magnezu w postaci wstążki lub drucika. Gdy wsuwałam ujętą w szczypce

skrawek tego magnezu do tegoż płomienia, to występuje zjawisko zupełnie odmienne (rys. 78). Wśród oślepiającego blasku metal ten szybko znika, a właściwie spala się, jak mówimy; w miejsce magnezu mamy teraz biały proszek, który opadł na stół. Powstały w ten sposób «popiół magnezowy» już nie daje tego zjawiska, co magnez, gdy go wnosimy do ognia ponownie; nie posiada też połysku metalicznego, właściwego magnezowi, jest wręcz czemś odmiennem od magnezu.

Tak więc z tym samym kawałkiem magnezu mogliśmy powyższą próbę raz jeden tylko wykonać, i to jest znamienne; spalanie się magnezu w płomieniu nazywamy zjawiskiem chemicznem.

Gdybyśmy do płomienia wsunęli drut ołowiany, to byłibyśmy świadkami topnienia metalu (rys. 56); zastygłą brylkę ołowiu mogliśmy jednak przez kucie, lub w inny sposób, zamienić w drut i próbę z nim powtórzyć. To też topnienie ołowiu zaliczamy do zjawisk fizycznych. Co innego, gdy palimy papier, drzewo, gdy żelazo rdzewieje, gdy jabłko gnije; takim przemianom ciała ulegają raz tylko, a zwiemy przemiany te zjawiskami chemicznymi.



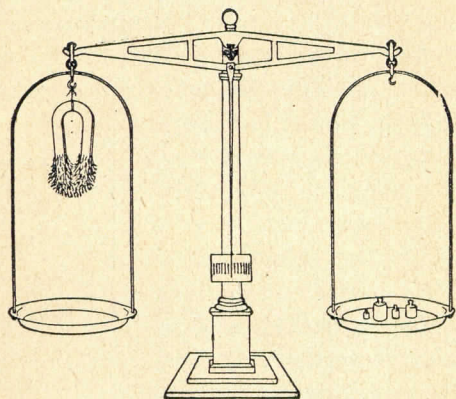
Rys. 78.

Krzepnięcie wody, topnienie lodu, parowanie wody, skraplanie pary — są to przykłady zjawisk fizycznych, polegających na t. zw. zmianie stanu skupienia; zmiany te można powtórzyć dowolną ilość razy z tą samą masą wody, uciekając się jedynie do ogrzewania lub oziębiania.

Wróćmy jednak do sprawy, jak zachowują się metale w powietrzu, zwłaszcza przy ogrzewaniu. Gdybyśmy poddali opisanej wyżej próbie ogniowej blaszkę złotą, to przebieg zjawiska byłby podobny do tego, który widzieliśmy u srebra; ta odporność pewnych metali zjednała

im nazwę szlachetnych. Większość jednak metali, jak żelazo, miedź, ołów, cyna, cynk, magnez i in., nazwać musimy nieszlachetnymi.

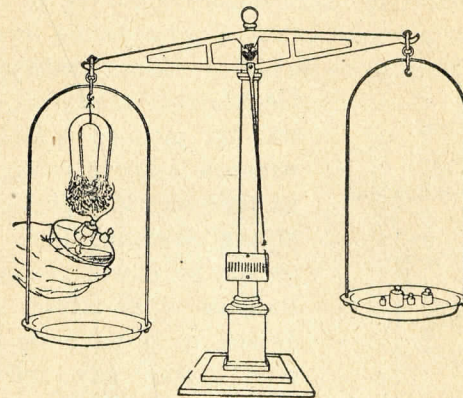
W próbie ogniowej magnez powiedzieliśmy, spalił się; wyrażenie to jednak nie wyjaśnia nam jeszcze istoty zjawiska. Zbadajmy w tym celu bliżej zachowanie się żelaza w podobnych warunkach.



Rys. 79.

Mam tu drobniutkie opilki żelazne. Zbliżam do nich niewielki magnes w kształcie podkowy, i cząstki żelaza przywierają doń. Umocujmy teraz magnes wraz z trzymającymi się go opilkami u jednej szalki wagi, a na drugą położmy odważniki (rys. 79). Zbliżamy wreszcie do opilek płomień lampki: oddzielne cząstki rozżarzają się, jakgdyby się spalały; jednocześnie uderza nas zwichnięta równowaga, szalka bowiem z magnesem opada (rys. 80). Tak więc spalone żelazo jest cięższe od czystego, stąd wnosimy, że żelazo przy ogrzewaniu w powietrzu coś przybiera.

Ciekawe też jest zachowanie się w podobnych warunkach rtęci. Rtęć wrze w 360°C ; gdy ją ogrzewamy na miseczce porcelanowej do temp. około 300°C , to zwierciadłana pierwotnie powierzchnia metalu powleka się pomarańczową błonką, którą stanowi jakieś stałe ciało. Gdy usuwamy tę błonkę żelazną łyżeczką, to tworzy się nowa na jej miejsce i tak dalej. Gdybyśmy w ten sposób



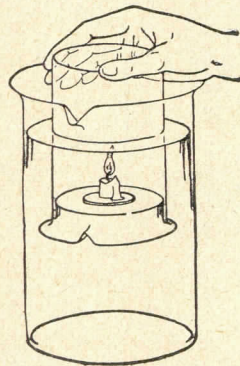
Rys. 80.

dostatecznie długo ogrzewali, zachowując wskazaną temperaturę i mieszając ciec bezustannie, to moglibyśmy rtęć zamienić całkowicie na ów czerwony proszek. Jest to jednak i żmudna praca i niebezpieczna dla zdrowia, unosząca się bowiem para rtęci jest trująca. Doświadczenie to jednak poucza, i to jest w tej chwili dla nas najważniejsze, że ów czerwony proszek waży więcej niż rtęć, z której powstał; 100 gr. rtęci wydawałoby około 108 gr. tego czerwonego ciała, a to dowodzi, że i rtęć przy ogrzewaniu w powietrzu coś z tego powietrza pobiera.

ZUŻYWANIE SIĘ POWIETRZA PRZY PALENIU.

Zapalmy świecę; dając płomień jasny i gorący, palić się ona może, dopóki cała nie spłonie. Jaka rola przypada powietrzu w tem zjawisku?

W dużej zlewce, zawierającej wodę, pływa na wodzie korek lub deseczka, na której umieszczamy płonącą świeczkę. Nakrywamy teraz świeczkę inną, nieco mniejszą zlewką, odwróconą dnem dogóry, i zlewkę tę opuszczamy do wody. Po pewnym czasie świeca gaśnie (rys. 81). Gdy świeczkę, umieszczoną na płytce szklanej, zakryjemy szczelnie



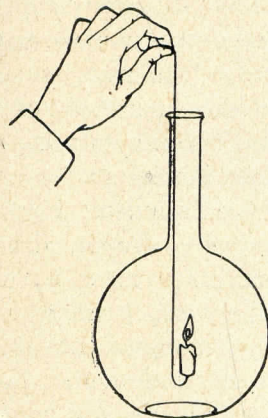
Rys. 81.

nie kloszem szklanym, to również wkrótce płomień zgaśnie. Możemy wreszcie ustawić świeczkę płonącą na dnie zlewki i przykryć zlewkę płytką szklaną; i w tym razie świeca po chwili gaśnie. Wnosimy stąd, że w naczyniu zamkniętem świeca może palić się tylko przez czas krótki; gdy próbę podobną wykonamy jednak z naczyniem o znacznej pojemności, zawierającej zatem większą ilość powietrza, to stwierdzimy, że świeca palić się tu będzie dłużej niż w poprzednich

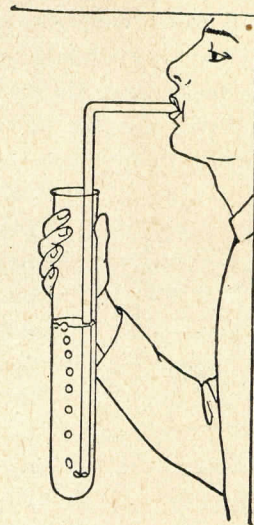
ćwiczeniach. Możemy więc powiedzieć, że świeca nasza palić się będzie tem dłużej, im większy zasób powietrza znajduje się w jakimś zamkniętym zbiorniku. Przymocujmy do odpowiednio wygiętego drutu ogaręk i, zapaliwszy go, opuśćmy do dużej kolby (rys. 82). Po jakimś czasie płomień gaśnie. Wyjmijmy teraz świeczkę z kolby, zapalmy ją i ponownie wsuńmy do kolby; teraz świeczka gaśnie natychmiast.

Widocznie więc powietrze w kolbie jest zmienione, zużyte przez palenie; w gazie, który wypełnia teraz kolbę,

zjawisko palenia już nie zachodzi. Wlejmy do kolby tej trochę przezroczystej wody wapiennej (trochę wapna rozpuszczamy we wrzącej wodzie, roztwór studzimy, a następnie starannie odsączamy i szczelnie zamykamy) i skłóćmy; woda staje się mętną, skłócona zaś w innej kolbie ze zwykłym powietrzem pozostaje przezroczystą. Gaz więc będący w kolbie, gdzie paliła się świeca, ma inne własności niż



Rys. 82.

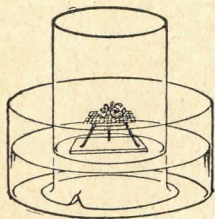


Rys. 83.

powietrze. Gaz, który powstaje przy paleniu się świecy i który powoduje mętnienie wody wapiennej, nazywamy *dwutlenkiem węgla*: gaz ten znajduje się też w wydychanym przez nas powietrzu. Do próbówki wlewamy wody wapiennej przezroczystej. Do wody zanurzamy zgiętą rurkę, na koniec której naciągamy rurkę gumową, zakończoną krótką rurką szklaną; tę bierzemy do ust i wdmuchujemy do wody wapiennej w próbówce powietrze z ust. Woda wapienna pod wpływem dwutlenku węgla, wydychanego z płuc, mętnieje (rys. 83).

DWA GŁÓWNE SKŁADNIKI POWIETRZA.

Tak więc przy paleniu się świecy w pewnej ograniczonej przestrzeni powstaje gaz — dwutlenek węgla, lecz równocześnie powietrze w tej przestrzeni traci zdolność podtrzymywania zjawiska palenia. Przerabiając doświadczenie, podane na rys. 81, zauważymy, że po zgaśnięciu świeczki i ostygnięciu gazu wewnątrz zlewki, woda w zlewce wewnętrznej wzniesie się ponad poziom wody w zlewce zewnętrznej, z chwilą gdy, unosząc zlewkę mniejszą ku górze, postaramy się brzeg jej zbliżyć do zwierciadła wody w większej zlewce. Część gazu w zlewce mniejszej ubyła, a miejsce to zajmuje obecnie woda. Ponieważ jednak nie-



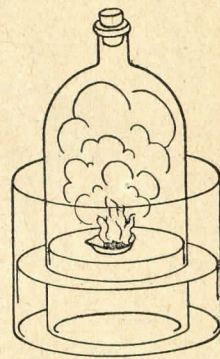
Rys. 84.

cały gaz w zlewce został zużyty do palenia, więc wnioskujemy, że powietrze jest mieszaniną dwóch gazów: ten, który bierze udział w procesie palenia, zwiemy *tlenem*, drugi pozostaje niezmienionym, a nazywamy go *azotem*. O takiej niejednorodności powietrza przekonywa nas również następujące doświadczenie. Na pływającym korku ustawiamy mały trójnóg żelazny (może być z drutu), umie-

szczamy na nim gęstą siatkę metalową, na którą sypimy nieco bardzo drobnego pyłku żelaznego (rys. 84). Zapalamy teraz pył płomieniem lampki i nakrywamy wszystko dużą zlewką, odwróconą dnem do góry; przyciskamy zlewkę do dna naczynia płaskiego z wodą i pozostawiamy tak w spokoju jakiś czas. Gdy żarzenie się żelaza ustanie, a gaz pozostały w zlewce (azot) ostygnie, wówczas woda w zlewce podniesie się, zajmując mniej więcej piątą część zlewki.

Z zachowaniem pewnej ostrożności można też wykonać następujące doświadczenie celem wykrycia, co powie-

trze zawiera. Na krążku z korka umieszczamy pokrywę z tygielka porcelanowego, tak uzyskany pływak kładziemy na wodzie w szerokim, płaskim naczyniu; położywszy na pokrywce kawałek białego fosforu wielkości grochu, nakrywamy pływak wraz z fosforem dzwonem szklanym. Przez szyjkę dzwonu wsuwamy laseczkę szklaną, ogrzaną zlekka na płomieniu, i dotykamy fosforu ciepłym jej końcem. Fosfor zapali się natychmiast; usuwamy wówczas szybko laseczkę, a dzwon zatykamy korkiem (rys. 85). Fosfor już za silniejszym pocisnięciem może się zająć płomieniem i niebezpiecznie oparzyć palce; to też ujmować go należy w szczypce, krajać nożem pod warstwą wody na miseczkę, osuszyć przed umieszczeniem na pływaku, zlekka dotykając bibułą. Pod dzwonem naszym fosfor jasno się pali wśród obłoków białego dymu; po jakimś czasie ogień ustaje, a następnie i dym się rozprasza. Gdy gaz pozostały w dzwonie ostygnie, wówczas woda się wzniesie w dzwonie; dolewamy teraz wodę do naczynia, by zrównać poziomy wewnątrz i zewnątrz,



Rys. 85.

usuwamy korek z szyjki i zanurzamy na druciku zapalony stoczek: stoczek gaśnie natychmiast. Jedna część składowa powietrza, tlen, połączyła się z fosforem, wydając ów biały dym; druga — azot — pozostała pod dzwonem. Dokładne pomiary ujawniły, że w 100 cm.³ powietrza znajduje się 20,76 cm.³ tlenu i 78,35 cm.³ azotu, obok zaś para wodna i dwutlenek węgla.

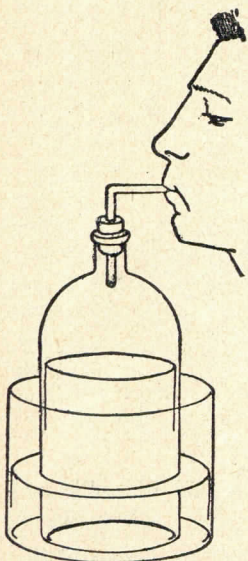
Zwierzęta, umieszczone w czystym azocie, wkrótce umierają; śmierć następuje tu jednak nie skutkiem zatrucia azotem, gdyż gaz ten jest najzupełniej nieszkodliwy, lecz jedynie skutkiem braku tlenu, niezbędnego do utrzy-

mania organizmu przy życiu. Stąd też powstała nazwa azotu, jako czegoś, nie sprzyjającego życiu (z greckiego: a — przeczenie, zotikos — podtrzymujący życie).

ZUŻYCIE TLENU PRZY ÓDDYCHANIU.

Chcąc okazać, że podobnie jak przy paleniu, tlen zużywa się też przy oddychaniu, wykonajmy następującą próbę. Wstawmy, jak wyżej, do szerszego naczynia z wodą nasz dzwon, jego zaś otwór górny zamknijmy korkiem, przez który przechodzi rurka szklana, z nasadzonym na niej węzem gumowym, zakończonym też rurką szklaną. Gdy przez rurkę wciągając będziemy do płuc powietrze, zamknięte pod dzwonem (rys. 86), i zpowrotem je tam wydychać, to czynności tej towarzyszyć będzie podnoszenie się i opadanie poziomu wody w dzwonie. Po kilku oddychaniach zanurzymy do dzwona stoczek zapalony: zgaśnie on niezwłocznie. Jeden wydech wystarcza do zepsucia powietrza w dzwonie. Pojmujecie tedy, jak niehigieniczne są nieraz nasze mieszkania, zwłaszcza u ludzi ubo-

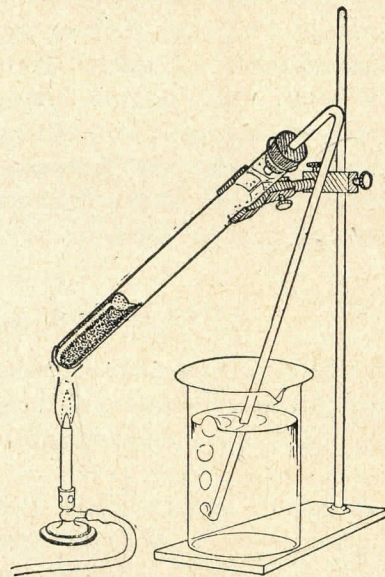
gich, gdzie wskutek złego przewietrzania niema dopływu świeżego powietrza, i powietrze zepsute wielokrotnie bywa wdychane. Próba powyższa wskazuje, jak wielką zmianę w powietrzu sprawił jeden wydech; jakże więc niezbędnym jest dla zdrowia nieprzerwany dopływ świeżego powietrza.



Rys. 86.

ROZKŁAD TLENKÓW METALI.

Mówiąc o zachowaniu się metali przy ogrzewaniu w powietrzu, zaznaczyliśmy, że pewne z nich ulegają trwałej zmianie, która polega na przyłączeniu «czegoś» z powietrza, gdyż ciężar ciała, powstałego po takiej zmianie, większy jest od ciężaru samego metalu. Cóż więc rtec, na przykład, przybiera z powietrza przy ogrzewaniu? Następujące doświadczenie da nam odpowiedź na to pytanie. Wsypujemy cokolwiek owego pomarańczowego proszku, o którym była mowa wyżej (str. 135), do probówki (zaleca się z trudnотopliwego szkła) i zatykamy otwór korkiem z rurką nadół zgiętą, długości około 20 cm. Probówkę umieszczamy przy statywie w położeniu nieco pochylem, a koniec, odgięty cokolwiek ku gorze, zanurzamy do szklanki z wodą. Po wykonaniu tych przygotowań podstawiamy pod dolną część probówki palnik lub lampkę i ogrzewamy przez czas dłuższy (rys. 87). Wkrótce zauważymy, że z otworu rurki wydostają się pęcherzyki gazu. Początkowo będzie to powietrze, rozszerzające się pod wpływem ogrzewania; lecz gdy, po jakimś czasie, usunąwszy zlewkę z wodą, zbliżymy do wylotu rurki żarzącą się drzazgę, wówczas drzazga zajmie się płomieniem. Wydobywający



Rys. 87.

się gaz, tak energicznie podtrzymujący palenie, jest to tlen, jeden ze składników powietrza. Po pewnym czasie wydzielanie się gazu ustanie, a wówczas w probówce pozostanie rtęć metaliczna, która osiada w postaci kropeł w chłodniejszych częściach probówki. Widzimy więc, że przez ogrzanie pomarańczowego proszku otrzymaliśmy tlen i rtęć, czyli te składniki, z których proszek ten się utworzył. W związku z samem doświadczeniem zaznaczamy że po ustaniu wydzielania się gazów trzeba wpierw usunąć z pod rurki naczynie z wodą, a potem dopiero zgasić płomień. Tak więc rtęć, ogrzewana do 350°C , na powietrzu wiąże tlen i przechodzi w pomarańczowy proszek, t. z. tlenek rtęci (str. 135), który znów w temp. 500° ulega rozpadowi na rtęć i tlen. Pierwsze zjawisko jest przykładem reakcji złożenia (synteza), drugie zaś — reakcji rozkładu (analiza).

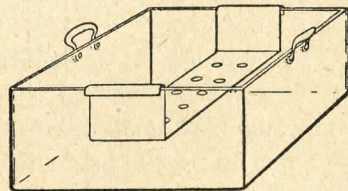
CIAŁO ZŁOŻONE A PIERWIASTEK.

Badając przemiany ciał, chemja doszła do nadzwyczaj ciekawych i ważnych wyników: przekonano się mianowicie, że z ciał, nie zdradzających nawet najmniejszego podobieństwa, drogą przemian chemicznych można otrzymać jedno i to samo ciało. Poddajmy np. działaniu wysokiej temperatury dwa tak różne ciała jak węgiel i kredę. Pierwsze z nich, t. j. węgiel, w odpowiednich warunkach może się rozżarzyć, a przez spalenie zamienić na gaz, zwany dwutlenkiem węgla: jest to ten sam gaz, który znajduje się w wodzie sodowej i pewnych napojach wysokowych (piwo, wino szampańskie). Gaz ten wytwarza się i przy prażeniu kredy lub marmuru. Wydzielają go organizmy przy oddychaniu; można go też otrzymać, oblewając octem sodę. Faktów podobnych możnaby przytoczyć tysiące. W miarę tego, jak ilość ich coraz bardziej wzra-

stała, powstało przypuszczenie, że prawdopodobnie otaczające nas ciała są właściwie połączeniami pewnej niewielkiej liczby zasadniczych rodzajów materji, które, wiążąc się z sobą chemicznie, wytwarzają to niezliczone mnóstwo ciał różnorodnych. Zasadnicze rodzaje materji nazwano *pierwiaszkami* albo *ciałami prostymi*. Liczba ich przekroczyła 80. Z pośród tych pierwiastków tylko nieznaczna część występuje w przyrodzie w stanie *wolnym*, czyli *rodzinnym* np. tlen, węgiel, złoto, miedź i t. d., większość zaś spotykamy zawsze w stanie *związonym*, to znaczy w połączeniu z innymi pierwiaszkami. Pierwiaszki więc, łącząc się ze sobą, tworzą *ciała złożone* lub *związki*. Drogą rozkładu czyli analizy można ze związków wyosobnić wchodzące w ich skład pierwiaszki. Przez ogrzewanie n. p. pomarańczowego proszku, zwanego tlenkiem rtęci, otrzymaliśmy rtęć i tlen; tlen wszakże można znacznie łatwiej wydobyć z innego związku, zwanego nadmanganianem potasowym.

OTRZYMYWANIE TLENU.

Nadmanganian potasowy, ciało używane w lecznictwie, tworzy słupki o ciemnej zielonawo-fioletowej barwie; kryształki rozpuszczają się łatwo w wodzie, nadając jej bardzo mocne zabarwienie czerwono-fioletowe. Słabe roztwory są różowe, a mocne — nieprzezroczyste i ciemne. Ogrzewany nawet niezbyt mocno, nadmanganian wydziela tlen w ilości około 1 litra z 10 gr



Rys. 88.

W celu otrzymania tlenu napełniamy probówkę nadmanganianem, zatykamy ją korkiem z rurką wygiętą tak, jak to wskazuje rys. 87. Probówkę przytwierdzamy do t. zw. *wanny pneumatycznej*, czyli dość szerokiego szkła-

nego lub blaszanego naczynia (rys. 88), w którym zawieszamy ruchomy mostek metalowy lub szklany z otworami. Wanna taka jest przeznaczona do umieszczania naczyń (rys. 28), do których chcemy zbierać gaz. Najczęściej zbieramy gaz do walców z brzegami oszlifowanymi i z pokrywkami szklanymi, szczelnie przylegającymi do tych brzegów. Walec taki wypełniamy wodą po brzegi, przykrywamy szklaną płytką, odwracamy do góry dnem, a wylot zanurzamy w wodzie wanny pneumatycznej, poczem płytkę odejmujemy. Woda z walca nie wyleje się, gdyż ciśnienie powietrza z zewnątrz nie pozwala na to. Walec taki umieszczamy nad jednym z otworów mostka, który musi też znajdować się pod wodą. Pod ten otwór podstawiamy odgięty koniec rurki od próbki, czynimy to jednak nie na samym początku doświadczenia, lecz dopiero po upływie paru minut, kiedy z aparatu zostanie wyparte powietrze. Zamiast wanny pneumatycznej, można używać szerokiego niezbyt głębokiego naczynia; zamiast walców, można brać butelki, słoiki lub próbki, trzeba jednak wówczas naczynie, do którego zbieramy gaz, trzymać ręką lub umocować u statywy zapomocą klamry. Do danego doświadczenia przygotować należy 4 walce po jakieś 75 cm³. Po napełnieniu gazem jednego walca zbieramy gaz do drugiego, a pierwszy przykrywamy szkiełkiem pod wodą i usuwamy.

W jednym z poprzednich doświadczeń widzieliśmy już, że tłąca się drzazga po zanurzeniu do naczynia z tlenem zapala się jasnym płomieniem. Wprawdzie ciała palą się i w powietrzu, lecz nie tak szybko i jasno, ponieważ tylko $\frac{1}{5}$ część powietrza jest tlenem.

Palenie się drzazgi, jak zresztą i innych ciał, polega na tem, że tlen łączy się z temi ciałami, lub pierwiastkami, składającymi je. Z chwilą, gdy zniknie wszystek wolny tlen, płomień gaśnie.

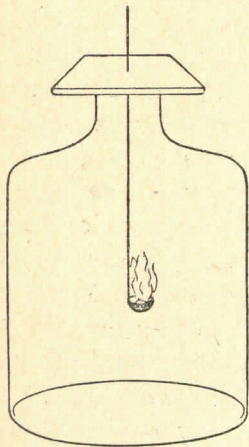
PALENIE SIĘ WĘGLA, SIARKI I SODY W TLENIE.

Węgiel drzewny, żarzący się w powietrzu słabo, rozżarza się w tlenie bardzo jasnym światłem, wydając wytwór czyli produkt spalania, zwany *dwutlenkiem węgla*. Również jasno pali się w tlenie siarka pięknym fioletowym płomieniem, łącząc się z tlenem na związek o nie-mniej ostrej woni, zwany *dwutlenkiem siarki*, albo gazem siarkowym. Zarówno dwutlenek węgla, jak dwutlenek siarki, są związkami chemicznymi, składającymi się z tlenu i wymienionych pierwiastków. Rozpuszczają się one w wodzie, a wodne ich roztwory posiadają zdolność barwienia niektórych fioletowych barwników roślinnych na czerwono. Pod wpływem tych roztworów czerwienieje wyciąg alkoholowy z fiołków, kapusty niebieskiej, lecz nadewszystko wyraźnie zmienia swój kolor fioletowo-niebieski wodny roztwór *lakmusa*, barwnika, znajdującego się w porostach, pokrywających skaliste wybrzeża morza Śródziemnego i wysp Kanaryjskich. — O ciałach, które posiadają zdolność barwienia fioletowego lub niebieskiego lakmusa na *czerwono*, mówimy, że ujawniają reakcję *kwaśną*, albo odczyn kwaśny. Rozpoznawać też będziemy odczyn kwaśny po czerwonym zabarwieniu lakmusa. Do tego celu służą papierki, przesyczone roztworem niebieskiego lakmusa, czyli tak zwane niebieskie *papierki lakmusowe*.

Samą czynność spalania węgla w tlenie wykonajmy w sposób następujący. Kawalek węgla drzewnego, umocowanego na druciku, trzymamy przez chwilę w płomieniu, aby go rozżarzyć, a następnie wkładamy szybko do walca z tlenem: węgiel rozżarza się bardzo jasno i spala na *dwutlenek węgla*. Po spalaniu wsuwamy do naczynia zwilżony *niebieski* papierek lakmusowy i zostawiamy go tam przez jakiś czas. Papierek ten nabiera barwy czerwonej, choć niezbyt wyraźnej. Skorzystajmy też z okazji

otrzymania dwutlenku węgla i nauczmy się go wykrywać. Dodajmy do naczynia z dwutlenkiem węgla wody wapiennej i kłóemy zawartość. Woda mętnieje, tworzy się bowiem ciało nierozpuszczalne w wodzie, czyli osad, będący w tym wypadku węglanem wapnia nazywany też krócej, choć mniej ściśle — kredą.

Aby spalić siarkę w tlenie, przetykamy rączkę długiej żelaznej łyżeczki przez otwór w deseczce, przeznaczonej do przykrywania naczynia z tlenem. Na łyżeczce kładziemy kawałek siarki wielkości małego ziarna grochu i zapalamy go od płomienia lampki lub palnika, poczem wsuwamy łyżeczkę z palącą się siarką do naczynia z tlenem, przykrywając jednocześnie naczynie to deseczką (rys. 89).



Rys. 89.

W jednej chwili słaby płomień siarki staje się jasnym i dużym; siarka się spala na *dwutlenek siarki*. Po spaleniu siarki nalewamy do bańki trochę wody i wrzucamy niebieski papier lakmусowy, lub dodajemy kilka kropeł

lakmусu: lakmus czerwienieje natychmiast. Dwum powyższej przytoczonym doświadczeniom przeciwstawiamy następujące trzecie: palenie się sodu w tlenie.

Sód jest to pierwiastek, ma postać bardzo miękkiego metalu, który daje się krajać nożem, jak воск. Na świeżym przekroju sód posiada ładny połysk metaliczny, wkrótce jednak traci go, pokrywając się warstewką tlenku, podobnie jak rdzewiejące żelazo lub ołów. Chcąc uchronić sód od takiej zmiany, przechowujemy go albo w naczyniach zalutowanych, albo w nafcie. Tak go też sprzedają

składy chemikaljów.

Zetknięcie sodu z wodą sprowadza gwałtowny rozkład tejże, dlatego też należy wystrzegać się rzucania skrawków sodu do naczyń z wodą, gdyż można w ten sposób wywołać bardzo łatwo dość silny wybuch. Nie należy też nigdy dotykać sodu wilgotnymi palcami. Sód, ogrzany do temperatury 96°, topi się; w temperaturze wyższej (około 900°) wrze, zamieniając się na parę, która zapala się od płomienia.

Jeżeli zapalony kawałek sodu zanurzymy do naczynia z tlenem, to spali się on tam jaskrawym płomieniem, wydając związek tlenu z sodem. Związek ten rozpuszcza się w wodzie, ale roztwór taki barwi fioletowy roztwór lakmусu nie na kolor czerwony, lecz na *niebieski*, a nawet zmienia czerwoną barwę lakmусu na *niebieską*. O takich ciałach mówimy, że ujawniają odczyn *alkaliczny* lub *zasadowy*. Przy rozcieraniu palcami otrzymanego roztworu odbieramy wrażenie, że mamy między palcami mydło. Pochodzi to stąd, że płyny alkaliczne działają w sposób gryzący, niszczą naskórek, czyniąc go śliskim. Roztwory, działające tak energicznie na naskórek i barwiące lakmus na niebiesko, zowią się *ługami*. W danym wypadku mamy do czynienia z *ługiem sodowym*.

Do doświadczenia przygotować należy naczynie z tlenem, pokrywkę i łyżeczkę, jak przy siarce. Na dno naczynia z tlenem nalewamy trochę wody. Z naczynia, zawierającego sód pod naftą, wyjmujemy szczypcami kawałek sodu, kładziemy na miękką bibułę i odcinamy nożem kawałeczek wielkości małego ziarna grochu; resztę wkładamy znowu do nafty, a odkrajany kawałek wysuszamy między bibułą w celu usunięcia nafty. Przygotowany w ten sposób kawałek sodu umieszczamy na łyżeczce i ogrzewamy w płomieniu. Sód zaczyna się topić,

wreszcie zapala się dość słabym żółtym płomieniem. W tej właśnie chwili wkładamy łyżeczkę do naczynia z tlenem: sól spala się jasnym płomieniem, a powstający *tlenek sodu* rozpuszcza się zaraz w wodzie. Po skończonem doświadczeniu zanurzamy niebieski papier lakmusowy: nie czerwienieje; zanurzamy czerwony: niebieszczeje. Przy dotknięciu palcami odbieramy wrażenie, żeśmy potarli mydło.

O UTLENIENIU WOGÓLE.

W poprzednich doświadczeniach i przykładach podaliśmy palenie się ciał prostych w tlenie, wskazując, że palenie to polega na łączeniu się pierwiastka z tlenem. Można też przytoczyć liczne przykłady palenia się związków chemicznych w tym gazie. Drzewo, nafta, terpentyna, benzyna i t. p. palą się w tlenie bardzo jasno i nie kopiąc, a przynajmniej znacznie mniej, niż przy paleniu się w powietrzu. Zachodzi tu też łączenie się z tlenem, ale nie całego związku, lecz poszczególnych pierwiastków, wchodzących w skład tego związku. Wynika stąd, że palenie się ciał złożonych związane jest z ich rozkładem.

Niezawsze jednak to łączenie się z tlenem, czyli *utlenienie*, odbywa się tak szybko i gwałtownie, jak w przypadkach przez nas poznanych, kiedy utlenieniu towarzyszyło wydzielanie się ciepła i światła. W większości wypadków ciała ulegają w przyrodzie utlenieniu, nie paląc się, lecz łącząc się z tlenem tak powoli, że powstające przy tem ciepło rozprasza się, a skutkiem tego ciało nie może się rozżarzyć. Przy rozkładzie liści, przy próchnieniu drzewa, rozpadzie martwych organizmów zwierzęcych — wszędzie tu mamy obok innych i zjawisko powolnego utlenienia ciał.

Powolnem paleniem się jest też *oddychanie* organizmów. Do płuc wprowadzamy powietrze, zawie-

rające tlen, który przedostaje się do krwi i utlenia różne związki w niej zawarte, a pochodzące z pobranych pokarmów. Przy tem utlenieniu wydziela się ciepło, podtrzymujące stałą temperaturę ciała; w wyniku tego utlenienia powstają głównie: dwutlenek węgla i para wodna, które uchodzą z płuc nazewnątrz. Do tego samego wyniku prowadzi zjawisko palenia w ogniu kawałka cukru np.: i tu po spalaniu otrzymujemy wodę i dwutlenek węgla, przyczem wywiązuje się pewna ilość ciepła.

Może wam na myśl przychodzi: czemu, skoro tlen jest tak użyteczny, całe powietrze nie składa się tylko z niego? Wystawmy sobie jednak, z jaką przerażającą gwałtownością paliloby się wszystko. Ciało nasze zniszczyłaby wkrótce straszliwa gorączka. Najdrobniejszy płomyk wywołałby pożar o nieobliczalnych następstwach. To też leniwy z natury swej azot, przytłumiając działanie tlenu, oddaje nam nieocenione usługi.

KWASY, ZASADY I SOLE.

Kwasy. Spalając w powietrzu lub tlenie takie pierwiastki, jak węgiel, siarkę lub fosfor, otrzymujemy tlenki, które po złączeniu się z wodą dają roztwory, barwiące lakmus na kolor czerwony. Powiadamy, że roztwory te zawierają *kwasy*, gdyż smakiem swym np. przypominają takie płyny, jak ocet lub soki niedojrzałych owoców. Tak powstają kwasy: węglowy, fosforowy, azotowy i inne. Znany pospolicie kwas solny tworzy się jednak na innej drodze.

Zatrzymajmy się chwilę nad kwasem siarkowym. Siarka, łącząc się z tlenem, wydaje w pewnych warunkach związek uboższy w tlen, w innych zaś związek bogatszy w tlen; pierwszy z tych tlenków nazywamy *dwutlenkiem* siarki, drugi — *trójtlenkiem* siarki. Ten to trójtlenek siarki, łącząc się z wodą, wydaje znany kwas

siarkowy, gęstą, oleistą ciecz ciężką, której kropla wy-
pałaby bolesną ranę na ciele. Wlewając taki stężony
kwas siarkowy do wody (nigdy odwrotnie, gdyż ciecz się
rozpryskuje i boleśnie parzy), otrzymujemy mniej lub wię-
cej rozcieńczony kwas siarczany lub siarkowy.

Kwas siarkowy wyrabiają fabryki chemiczne; na
ziemiach polskich znajduje się kilka takich zakładów
przemysłowych. W tych samych zakładach najczęściej
otrzymuje się też kwas azotowy i solny.

Kwas *azotowy* wyrabia się z minerału zwanego *sale-
trą* czilijską, która się poddaje działaniu kwasu siarko-
wego. Saletra swą nazwę czilijskiej otrzymała od kraju
Czili (Chile), położonego w Ameryce Południowej. Saletra
służy też jako cenny pokarm dla roślin uprawnych, to
też rolnicy, celem podniesienia plonu, uciekają się do sale-
try, jako do tak zwanego *nawozu sztucznego*.

Kwas *solny* powstaje, gdy na *sól kamienną* (toż samo
co zwykła sól kuchenna) działamy stężonym kwasem
siarkowym.

Podane wyżej kwasy: siarkowy, azotowy, solny,
nazywamy też kwasami mineralnemi, gdyż istotnie otrzy-
mujemy je z tak zwanych minerałów, a więc ciał wy-
dobywanych z ziemi, jako to: siarka, saletra lub sól ka-
mienna.

Obok kwasów mineralnych mamy tak zwane kwasy
organiczne, występujące w organizmach roślinnych już
w stanie gotowym; np. kwas winny (w winogronach),
kwas szczawiowy, jabłkowy, cytrynowy i wiele innych.

Zasady. Przez spalenie sodu w tlenie lub powietrzu
otrzymujemy tlenek sodu, który roztwarza się w wodzie
i daje z nią *ług sodowy*; zmienia on czerwoną barwę
lakmusa, wywołaną przez kwas, na niebieską. Ług sodowy
zawiera rozpuszczoną w wodzie *zasadę*.

Podobną zasadę tworzy wapno gaszone; tlenkowi

sodu odpowiada tlenek wapnia albo wapno palone (nie-
gaszone).

Ługowi sodowemu odpowiada woda wapienna, z którą
nieraz już w poprzednich doświadczeniach mieliśmy do
czynienia.

Sole. Wykonajmy wreszcie następującą próbę. Do
rozcieńczonego kwasu solnego dodajmy parę kropel lak-
musu, a następnie dolewajmy ostrożnie tak długo ług so-
dowy, aż zniknie barwa czerwona lakmusa, a wystąpi
niebieska; można wówczas dodać ponownie kroplę kwasu
solnego i roztwór odparować do suchości, najlepiej w por-
celanowej miseczce, czyli tak zwanej parownicze. Na
dnie pozostanie masa o słonym smaku; jest to *sól ku-
chenna*.

Gdybyśmy zamiast kwasu solnego użyli azotowego,
otrzymalibyśmy również ciało zbliżone do soli kuchennej,
tak zwaną *saletrę*; nie posiada ona, jak i sól kuchenna,
żrących własności kwasu lub zasady.

Biorąc zamiast poprzednich kwasów kwas siarko-
wy, uzyskalibyśmy znowu inne ciało, zwane solą *glauber-
ską*, używane jako środek przeczyszczający, zwłaszcza
dla bydła. Zarówno sól glauberska, jak saletra, przypomi-
niają z wejrzenia sól kuchenną.

Tak więc, mieszając w odpowiednim stosunku kwas
i zasadę, otrzymujemy ciało obojętne, które nazywamy
w ogólności *solą*.

Liczne są kwasy, liczne i zasady, lecz najliczniej-
sze muszą być sole; gdybyśmy posiadali tylko dwa kwasy
i dwie zasady, to jeden kwas dałby dwie sole, drugi rów-
nież dwie, z każdą bowiem zasadą po jednej soli; po-
wstałyby więc cztery sole.

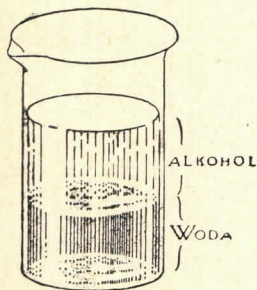
Wymienione wyżej sole posiadają też tę wspólną
cechę, że rozpuszczają się łatwo w wodzie. Jako przy-
kład soli nierozpuszczalnej w wodzie przytoczymy *kredę*,
która się tworzy przy działaniu kwasu węglowego, t. j.

roztworu dwutlenku węgla w wodzie, na zasadę wapniową, czyli roztwór wapna gaszonego w wodzie.

B. W O D A.

ROZPUSZCZALNOŚĆ CIAŁ W WODZIE.

Nalejmy do walca lub wysokiej zlewki najpierw wody, a następnie ostrożnie alkoholu, tak jednak, aby alkohol, jako ciecz lżejsza od wody, a właściwie mająca mniejszą gęstość, tworzył warstwę, spoczywającą na warstwie wody (rys. 90). Dostrzeżemy wówczas wyraźną granicę rozdziału obu cieczy. Z biegiem czasu jednak, nawet przy najzupełniejszym spoczynku naczynia, granica wspomniana zacznie się stopniowo zacierać, aż wreszcie przekonamy się, że w naczyniu mamy nie dwie różne ciecz, lecz zupełnie jednorodną mieszaninę obu, spirytus pewnej mocy, jak mówimy. Najdrobniejsze cząstki alkoholu przeniknęły do wody, podobnież cząstki wody do alkoholu, a odbywało się



Rys. 90.

to dla oka niewidzialne zjawisko tak długo, aż nie utworzyła się jednolita w całej masie ciecz. Najmniejsza kropelka tej cieczy składa się teraz z wody i alkoholu. Mówimy też, że woda i alkohol rozpuszczają się w każdym stosunku jedno w drugim. Inaczej jednak wobec wody zachowa się oliwa lub rtęć; ciecz te z wodą nie mieszają się, albo, jak mówimy, w wodzie się nie rozpuszczają; to też granica rozdziału pozostaje trwale widoczną. To samo stwierdzimy u wody i nafty.

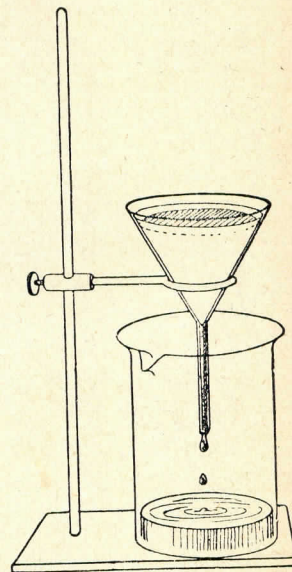
Jeżeli na dnie słoja szklanego, wypełnionego czystą

wodą, umieścimy kawałek siarczanu miedzi (t. zw. siny kamień) i pozostawimy to wszystko w spokoju, to zauważymy po jakimś czasie, a szczególnie wyraźnie po paru dniach, iż niebieskie zabarwienie cieczy przenosi się coraz wyżej; wkońcu powstałaby jednolicie zabarwiona ciecz, co świadczyłoby, że cząstki modrego kamienia przeniknęły do najdrobniejszych kropelek wody, tworząc jednolity *roztwór* siarczanu miedzi w wodzie. Zauważymy, że dla uniknięcia parowania użytych cieczy należy walce przykrywać płytkami szklanymi.

Zjawisko rozpuszczania się modrego kamienia w wodzie możemy znakomicie przyspieszyć, ogrzewając na przykład w probówce mieszaninę, zwłaszcza mieszając ją równocześnie; modry kamień rozpuszcza się szybko, a woda staje się ciemnoszafirową. Dodajemy kamienia, i ten się wciąż rozpuszcza. Lecz jeżeli dodamy za dużo, to można będzie wodę zagotować, i kamień modry się nie rozpuści; trzeba będzie wówczas dolać trochę wody. Taki roztwór nazywamy *nasyconym na gorąco*.

Zazwyczaj jest on mętny, ponieważ obok rozpuszczalnych części były wraz z kamieniem dodane w drobnej ilości domieszki nierozpuszczalne, które utworzyły *osad*, częściowo opadający na dno, częściowo zaś zawieszony w płynie. Należy go oczyścić, to jest oddzielić w tym razie ciecz od ciała stałego.

Można to zrobić, trzeba tylko roztwór przecedzić przez bibułę. Weźmy krążek bibuły do *sączenia*, czyli



Rys. 91.

filtrowania. Krażek składamy dwa razy (nakrzyż) i robimy z niego rodzaj lejka: na jedną stronę odginamy trzy warstwy bibuły, a na drugiej pozostawiamy jedną. Tak przygotowaliśmy *sączek* (filtr). Umieszczamy teraz sączek w lejku szklanym i zwilżamy go nieco wodą, by szczelnie przysłał po lekkim przyciśnięciu do szkła (rys. 91).

Lejek umieścić można w pierścieniu umocowanym na statywie, a pod lejkiem stawiamy zlewkę. Jeżeli teraz wylejemy gorący mętny płyn na sączek, to osad pozostanie na sączku, a przezroczysty szafirowy roztwór spłynie do zlewki. Zostawmy go na jakiś czas w spokoju. Gdy płyn ostygnie, to wydzieli się zeń *drobne* kawałki modrego kamienia; wszystkie one są do siebie bardzo podobne, a nazywamy je nie kawałkami, lecz *kryształkami* siarczanu miedzi. Wydzielanie się owych kryształków zowiemy *krystalizacją*, a spowodowało ją tu *oziębienie gorącego, nasyconego* roztworu. Gdy rozpuszczamy modry kamień w zimnej wodzie, to po pewnym czasie płyn przestanie rozpuszczać dalszą ilość kamienia; taki roztwór nazywamy *nasyconym na zimno*. Jeżeli roztwór ten ogrzejemy, to będzie on mógł rozpuścić więcej owej soli. Gdy tylko ostygnie, to nie będzie w stanie utrzymać dodanej porcji, lecz wydzieli ją w postaci kryształów. Obok powyższej, szybkiej krystalizacji znamy też powolną krystalizację. Gdy zimny już roztwór pozostawiamy nadal w spokoju, to część wody, czyli t. z. *rozpuszczalnika*, usuwa się stopniowo przez parowanie; a w miarę ubywania cieczy z roztworu wydziela się powoli rozpuszczone w niej ciało w postaci kryształów, które tym razem wyróżniają się *znaczniejszymi rozmiarami*.

ROZPUSZCZANIE SOLI KUCHENNEJ W WODZIE.

Spróbujmy teraz rozpuścić sól w wodzie. Wsypmy trochę soli do wody w próbówce i zamieszajmy płyn:

cała sól rozpuści się; mamy napozór czystą wodę, w której jednak rozpuszczona jest sól. Powstał *roztwór* soli. Podobnie powstałby roztwór cukru lub sody. Wsypaliśmy jednak bardzo mało soli, woda zaledwie nabrała słonego smaku, mamy dopiero *roztwór słaby* (rozcieńczony). Wsypujmy sól dalej małymi porcjami i mieszajmy, aż wszystko się rozpuści, poczem dopiero dalej potrochu wsypujmy. Mamy już teraz *roztwór mocny* (stężony).

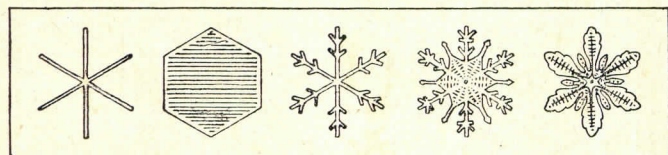
Przyjrzyjcie się temu roztworowi; czy można poznać wzrokiem, że w tej wodzie sól znajduje się. Zdaje się, jakby sól zniknęła bez śladu. Podobnie zachowałaby się soda lub cukier. Twierdzimy jednak, że zniknąć ciała te nie mogły. Przedewszystkiem smak wody wskazuje, że w tej wodzie znajduje się sól. Każda, choćby najdrobniejsza kropelka tego roztworu, jest słona; świadczy to, że sól, którą wsypaliśmy do wody, rozpadła się na niezliczone mnóstwo drobnutkich cząstek, a te przeniknęły do najmniejszych kropelek wody.

Gdy roztwór jest już tak mocny, że nie może więcej soli rozpuścić, nazywamy go *nasyconym*. Winniśmy go obecnie przesaczyć, podobnie jak siarczan miedzi do zlewki lub na miseczkę i pozostawić w spokoju, by mogła się odbyć powolna krystalizacja. Piękniejsze kryształy otrzymamy na tej drodze, gdy zamiast zwykłej soli weźmiemy *saletrę potasową*, lub *alun*.

KRYSTALIZACJA W PRZYRODZIE.

Kwiaty lodowe na szybach, szron i śnieg. Aby mogły się utworzyć kryształy, potrzebne są sprzyjające warunki, a przedewszystkiem, gdy możliwy jest swobodny ruch, a więc i stykanie się najdrobniejszych, niedostrzegalnie małych cząsteczek ciała; taką swobodę ruchu mają cząsteczki pary wodnej, rozpuszczonej w powietrzu, cząsteczki jakiegś soli, rozpuszczonej w wodzie, albo też cząsteczki cukru, który przez stopienie zamieniliśmy na

ciecz. W zimie na огоłoconych gałęziach drzew, lub pozostałych jeszcze liściach, na lodyżkach traw i innych przedmiotach, wystawionych na zimne a wilgotne powietrze, tworzą się dzięki czarodziejskiej krystalizacji białe powłoki, tak zwany szron, składający się z kryształków, na których tu i owdzie przez szkło powiększające dostrzegamy równe ściany. «Kwiaty lodowe», zjawiające się w zimie na szybach, powstały przez silne oziębienie pary wodnej. Miliony kryształków tworzyły się tu szybko, uciskały się nawzajem, a przez to żaden z nich nie mógł się swobodnie rozwinąć. Ułożyły się one w ozdobne rysunki, przypominające liście roślin.



1

2

3

4

5

Rys. 92.

Wyjdźcie na powietrze po spadnięciu śniegu i starannie go obejrzyjcie, przekonacie się, że płatki śniegu nie są to brylki zmarzłej wody, lecz piękne sześcioramienne gwiazdki krystaliczne, zosobna przezroczyste, a w masie tak białe i czyste, że gdy chcemy dać wyobrażenie o jakimś przedmiocie niezwyklej czystości, mówimy, że jest «biały jak śnieg». Niektóre z tych kryształów są to poprostu trzy gładkie pręciki, tak ułożone, że formują sześcioramienną gwiazdkę (rys. 92₁); inne wyglądają, jak płatek z sześciu stron ścięty (rys. 92₂); inne jeszcze, prócz sześciu ramion, mają przy każdym z nich ozdoby i dodatki różne, czyniące je podobnymi do pięknej rośliny (rys. 92₃, 4, 5). Pomiedzy płatkami śnieżnymi znaleziono nie mniej nad tysiąc odmian delikatnych kryształów, lecz po-

mimo tak wielkiej różnaitości, wszystkie są utworzone na podstawie sześciokątnego planu.

KRYSTALIZACJA Z WODNYCH ROZTWORÓW NATURALNYCH.

Woda morska odznacza się smakiem słonym i jest roztworem różnych soli, których ilość ogólna wynosi więcej niż 3¹/₂ części w 100 częściach wody, a główną rolę między nimi odgrywa zwykła sól kuchenna; ważną też część składową stanowi gips. Zawartość soli w wodzie oddzielnych mórz jest bardzo różna i zależy od tego, czy wlewają się w nie rzeki wielkie, czy mniejsze. W oceanach Atlantyckim, Indyjskim, Spokojnym dochodzi ona do normy wyżej podanej, to samo w morzu Śródziemnem; natomiast wody Bałtyku i Czarnego morza zawierają mniej niż 2 części na 100. Jezioro w Syrii, które nazywają morzem Martwym, całkowicie lądem objęte, wyróżnia się niezwykle bogactwem soli; należy nawet przypuszczać, że znaczna ilość soli z tego roztworu osiadła wraz z gipsem na dnie i w szczelinach tego zbiornika.

Krystalizacja soli odbywa się też z łatwością w szerokich a płytkich zatokach u wybrzeży ciepłych mórz podzwrotnikowych. Obszary nadbrzeżne, w miarę wyparowania z nich wody morskiej, pokrywają się dość mocną powłoką soli kuchennej, której skorupa trzeszczy, pęka i rozpryskuje się pod nogami podróżnych i ich koni.

KRYSTALIZACJA PRZY OSTYGANIU MASY ROZTOPIONEJ.

Powstawanie kryształów może się w przyrodzie odbywać drogą krzepnięcia roztopionej masy: czynne wulkany wyrzucają ze swego wnętrza taką masę—lawę, która ostyga prawie w oczach naszych: tak powstają pewne rodzaje skał. Stwierdzono też, że szereg mineralów, wchodzących w skład podobnych skał, spotykamy

też w żuźlach, tworzących się przy wytapianiu żelaza w hutach.

Pewne pojęcie o krystalizacji przy ostygnięciu roztopionej masy dać nam może następująca próba, podjęta ze zwykłym cukrem. Przez ogrzewanie cukier zamienić można na szklistą masę; gdy masa ta, początkowo przezroczysta, poleży dłużej, to stanie się mętną skutkiem wydzielania się w niej drobniutkich kryształków cukru.

SĄCZENIE W PRZYRODZIE I TECHNICIE.

Możecie sobie wystawić, jak nad każdym stawem lub jeziorem unoszą się drobne cząstki wody i wciskają się pomiędzy cząstki powietrza? Są one bardzo lekkie o wiele lżejsze od powietrza, to też powietrze taką parą wodną przeniknięte może się łatwo ku górze unosić, a na jego miejsce osuwają się inne warstwy, gotowe znowu do przyjmowania owej pary. Odbywa się ten ruch i parowanie pod wpływem ciepła promieni słonecznych nieustannie, dzień po dniu, z jezior, rzek, stawów, strumyków, a zwłaszcza mórz i oceanów. Para wodna, porwana w górne strefy powietrza, zgęszcza się tam i skrapla, poczem opada w postaci deszczu, śniegu, szronu i rosy. Powrócić więc może ona do nas, lecz po długich nieraz wędrówkach, odbytych w różnych stronach świata. Pewna część wody opadającej wraca bezpośrednio do morza, część zaś drugą, która opada na lądy, spotykają losy bardzo rozmaite. Znaczna część tych opadów lądowych wraca do powietrza przez odparowanie. Pewna część idzie na podtrzymanie życia roślin i zwierząt. Pozostałe wody albo płyną po powierzchni ziemi i jako strumienie i rzeki wracają do morza, albo też wsiąkają głęboko w ziemię, aż dojdą do jakiej nieprzepuszczalnej skały, po której niekiedy mogą się wydostać na powierzchnię w postaci źródła. Woda,

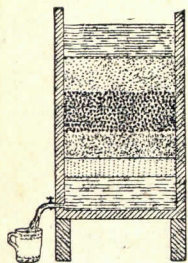
wsiąkająca i przenikająca coraz głębiej aż do warstw gliny lub podłoża skalnego, tworzy tak zwane wody gruntowe. Nie potrzebujemy się rozwodzić nad znaczeniem wód gruntowych dla człowieka. W razie pomyslnych stosunków miejscowych na mniejszej lub większej głębokości tworzą one stały, nieprzerwany poziom wody, doskonale przesączonej (przefiltrowanej) przez części składowe gruntu, a więc uwolnionej od mętów, które pierwotnie ją zanieczyszczają zazwyczaj. Zdrowotność okolicy zależy często od stanu wód gruntowych. Gdy na wielkiej przestrzeni skupia się znaczna liczba ludzi, a nie przedsięwzięto odpowiednich środków zaradczych, wówczas zbiorowiska nieczystości wsiąkają w ziemię i zanieczyszczają wody gruntowe, które wtedy stają się siedliskiem i rozsadnikiem rozmaitych chorób.

Woda w podziemnym swym przebiegu rozpuszcza liczne minerały, zwłaszcza związki wapienne, żelaza i siarki; tak powstają wody mineralne. Zawdzięczają one swe przymieszki skałom, przez które płyną; już w starożytności mawiali Rzymianie: «Taką jest woda, jaką ziemia, po której płynie». Z głębszych warstw ziemi wydostają się niekiedy źródła gorące — cieplice, których temperatura dochodzi w szczególnych wypadkach do 100°, co rzuca pewne światło na zagadkę wnętrza ziemi: źródła gorące, obok czynnych wulkanów, mówią nam, że we wnętrzu ziemi panować musi wysoka temperatura.

Weźmy teraz szklankę wody z najbliższej rzeki i postawmy ją na kilka godzin. Zobaczymy, że z takiej rzeki, w której woda zdaje się być przejrzystą, zostanie na dnie szklanki cienka warstwa osadu, a gdy postawimy wodę, zaczerpniętą w czasie przyboru rzeki, to jest mętną, osiadzie na dnie szklanki gruba warstwa. To dowodzi, że strumienie, potoki i rzeki podmywają ziemię, po której płyną, i unoszą ją z gór w doliny, a z dolin do morza. Woda rzeczna nie jest więc tak czysta,

jak woda źródłana; przeciwnie w rzece nieraz widzimy płynące gałązki, korzenie, zgniłe liście, różne odpadki, dostające się wraz ze ściekami, które rzeka prądem porywa. W wodzie rzecznej gniją też ciągle ryby i inne zwierzęta; wreszcie żyje w niej mnóstwo drobnych, niedostrzegalnych istot, które często spowodować mogą choroby. Dlatego też trzeba wodę rzeczną, przeznaczoną do picia, uprzednio przez sączenie oczyścić.

Gdybyśmy potrzebowali precedzić tak wielką ilość wody, jakiej się używa w każdym domu w ciągu dnia do picia, nie moglibyśmy już jej sączyć przez bibułę. Po mieszkaniach na prowincji bywają niekiedy używane do sączenia wody duże *filtry*, t. j. naczynia z dnem dziurkowatym, napelnione *węglem drzewnym* (rys. 93); woda, przechodząc przez węgiel, nie tylko nie brudzi się, lecz, przeciwnie, pozbywa się mętów i staje się równie przezroczystą, jak woda źródłana. Węgiel drzewny jest porowaty (dziurkowaty) i ma tę własność, że czystą wodę przepuszcza, a wszystkie męty zatrzymuje, podobnie jak barwniki i zapachy; gdybyśmy przez

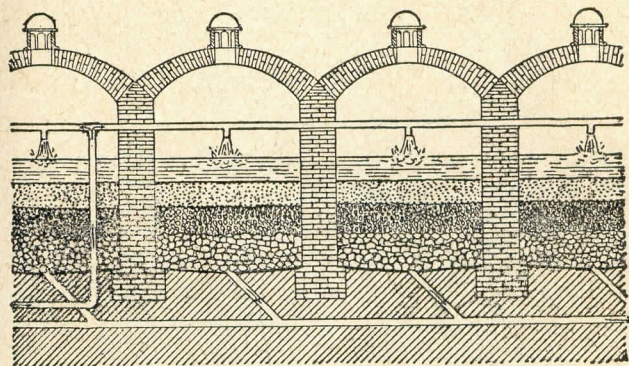


Rys. 93.

węgiel przepuścili wodę zabarwioną (naprzykład atrament), lub mającą jakiś zapach, naprzykład wodę z ciałami gnijącymi, to przez węgiel przeszłaby tylko czysta, bezbarwna i bezwonna woda. Filtrować lub sączyć można też przez *czysty piasek*. W wielkich miastach, np. w Warszawie, otrzymujemy wodę do picia nie bezpośrednio z rzeki, lecz z wodociągów, urządzonych po mieszkaniach i na ulicach.

Wodociągi są to rury, które przepływa woda z rzeki, np. z Wisły. Tej wody filtrować już nie mamy

potrzeby, gdyż, nim ją wpuszczają do rur, starannie ją uprzednio przesączają. W Warszawie naprzykład znajdują się ogromne filtry, jakby szereg podziemnych, rozległych domów; w pomieszczeniach tych ułożone są wysoko warstwami: naprzód wielkie *kamienie*, następnie mniejsze, potem jeszcze drobniejsze (*żwir*), a na samym wierzchu gruba warstwa drobnego czystego piasku (rys. 94). Z Wisły prowadzi wodę wielka szeroka rura, czyli *smok*, aż do tych filtrów. Ponieważ zaś stacja filtrów leży

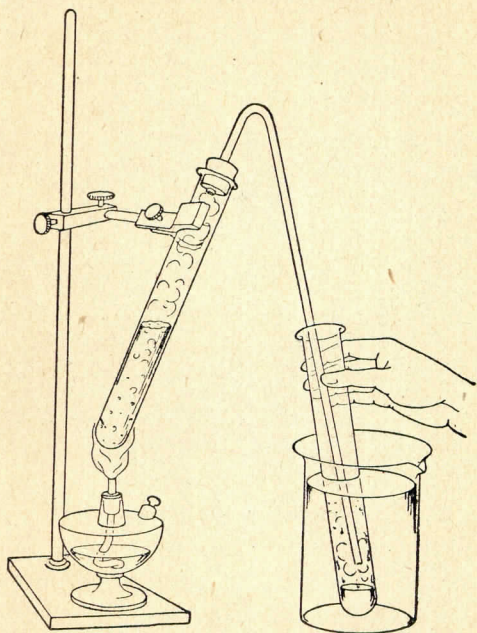


Rys. 94. Filtry miejskie.

wyżej niż Wisła, a woda nie poszłaby sama pod górę rurą, ustawiono więc nad rzeką maszyny — pompy, które pchają wodę ze smoka do rury; teraz woda dochodzi już do filtrów. Po przebyciu rozległych, płytkich osadników, gdzie opadają grubsze zanieczyszczenia, woda dostaje się na powierzchnię filtrów, a więc na piasek, sączy się następnie przez warstwę żwiru i kamieni i jako czysta już woda pracą odpowiednich maszyn wpędzona zostaje do sieci rur wodociagowych, poprzeprowadzanych w całym mieście.

DESTYLACJA.

Jeżeli nad kolbą, lub probówką w której gotuje się woda, potrzymamy chłodną pokrywkę, pokryje się ona kroplami wody, ponieważ para się oziębi i zamieni w wodę. Gdybyśmy tak samo oziębili parę, wydobywającą się z wrzącego alkoholu, otrzymalibyśmy znowu ciecz, będącą



Rys. 95.

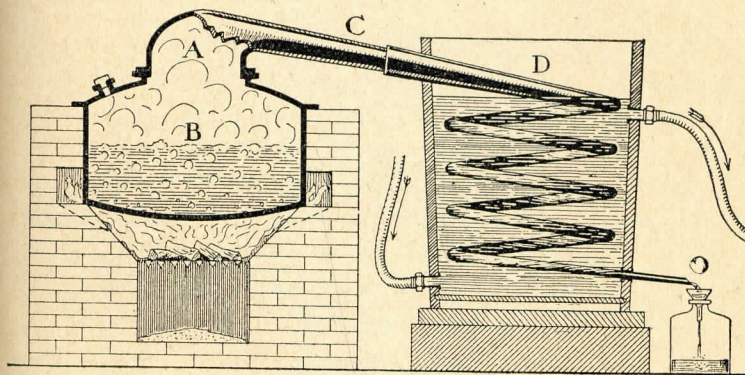
alkoholem. Gdybyśmy ogrzewali ciecz w naczyniu zamkniętym, wówczas powstająca para w miarę ogrzewania osiągałaby coraz większą prężność*), a cisnąc na ścianki

*) Z jednego cala sześciennego wody wrzącej powstaje stopa sześć. pary o tejże temperaturze,

naczynia, mogłaby je rozerwać. Jeżeli jednak w przykrywe takiego naczynia będzie otwór, w którym szczelnie wstawimy długą rurkę wygiętą, drugi zaś koniec rurki wsuniemy do probówki, kolby lub zlewki, to para z pierwszego naczynia przejdzie przez rurkę do drugiego; tak można parę uchodzącą pochwycić i wprowadzić do innego naczynia, gdzie drogą studzenia można ją skroplić.

Mówimy wówczas, że *destylujemy* np. wodę z pierwszego naczynia do drugiego, sam zaś proces nazywamy *destylacją*.

Naprawdę łatwo przedestylować trochę wody, połączwszy dwie probówki zgiętą pod kątem rurką szklaną (jak na rys. 95); trzymamy jedną z nich, napelnioną do



Rys. 96.

połowy wodą, nad płomieniem, drugą zaś wstawiamy do zlewki z zimną wodą. Gdyby w tak gotowanej wodzie była rozpuszczona sól jakaś, np. siny kamień (siarczan miedzi), to sól ta nie wyparuje, przedestyluje się zaś tylko czysty rozpuszczalnik bez barwy i bez smaku. Tak można oczyszczać wodę z ciał w niej rozpuszczonych.

Znaczne ilości wody destylowanej zużywają apteki do przygotowywania lekarstw, zakłady wyrabiające sztuczne wody mineralne, oraz pracownie naukowe, zwłaszcza chemiczne. Przyrząd do destylacji wody, używany w technice, przedstawiony jest na rys. 96. W kotle miedzianym B ogrzewa się woda na ogniu z paleniska; para przez nasadę miedzianą A, zwaną hełmem, wstępuje kanałem C do rury miedzianej D, zwanej węzownicą i umieszczonej w kadzi drewnianej z zimną wodą. Woda destylowana spływa do podstawionego odbieralnika O. W miarę jak zdolu do kadzi napływa zimna woda, u góry odpływa ciepła.

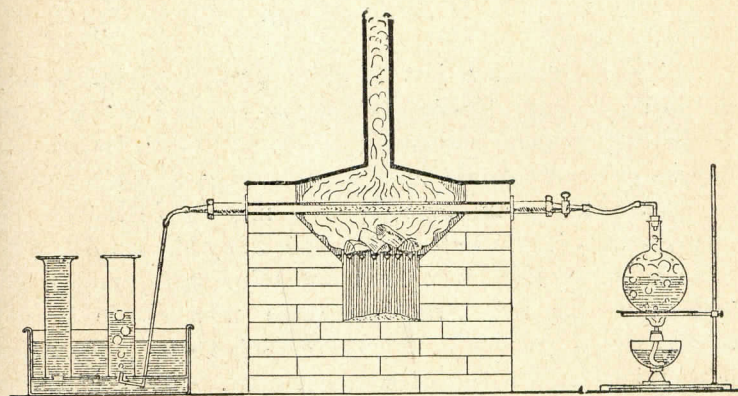
ROZPUSZCZALNOŚĆ GAZÓW W WODZIE.

Gdy woda w głębi ziemi spotyka dwutlenek węgla, to go rozpuszcza narówni z licznymi solami, trafiającemi się na drodze przepływu. W ten sposób powstają, jak już wiemy, źródła wód mineralnych. W wodzie rozpuszcza się również powietrze, nadające jej przyjemny smak orzeźwiający. Przez gotowanie wody usuwamy rozpuszczone w niej powietrze: woda taka po ostudzeniu staje się mdłą i nie miłą w smaku. Tlen rozpuszczony w wodzie rzecznej czy morskiej umożliwia w niej życie ryb, gdyż jest on im równie do oddychania potrzebny, jak i zwierzętom, w powietrzu żyjącym. Ryby przepuszczają przez swe skrzela znaczną ilość wody i z tej przechodzącej wody czerpią potrzebny im tlen. Gdybyśmy żywą rybę wrzucili do zimnej wody, którą starannie przegotowano i nie wystawiono na działanie powietrza, to ryba w wodzie takiej wkrótce żyćby przestała właśnie dla braku w tej wodzie tlenu, niezbędnego do oddychania. Że woda letnia słabiej rozpuszcza powietrze niż zimna, wnosimy z takiego spostrzeżenia: gdy wodę źródlaną, studzienną czy wodociągową wniesiemy w zlewce czy karafce do ciepłego po-

koju, to zauważymy po pewnym czasie, że na ściankach osiadą drobniotkie pęcherzyki powietrza.

WODÓR.

Rozważane w poprzedzającym rozdziale własności wody nazwaćbyśmy mogli fizycznymi. Jeżeli jednak postawimy sobie obecnie pytanie, z czego się woda składa, lub inaczej, jaki ma skład chemiczny, to naturalnie zwrócić się musimy już tylko do wody czystej, a więc najlepiej do wody destylowanej i poddać ją należytemu badaniu.



Rys. 97.

Wystawmy sobie, że przepuszczamy parę wodną z kolby z wrzącą wodą przez rurę żelazną, rozgrzaną do czerwoności i napełnioną kawałkami drutu żelaznego; przeciwległy koniec połączono rurką szklaną z walcem, napełnionym wodą, który po odwróceniu dnem do góry opuszczono do szerszego naczynia z wodą. Otóż rozpalone żelazo działa w ten sposób na parę wodną, że odejmuje jej tlen i przechodzi w tlenek żelaza, natomiast inny składnik wody, wodór, pozostaje uwolniony, prze-

chodzi do wspomnianego walca i wypełnia go po jakimś czasie (rys. 97).

Magnez i cynk wypierają wodór z wody w temperaturze 100°. Natomiast metal sód sprowadza tę reakcję już w pokojowej temperaturze.

Opisane przed chwilą zachowanie się rozżarzonego żelaza wobec pary wodnej wskazuje na to, że woda jest związkiem wodoru i tlenu. Postarajmy się według powyższych wskazówek otrzymać wodór i poznać bliżej jego własności.

Otrzymywanie wodoru działaniem cynku na rozcieńczony kwas siarkowy.

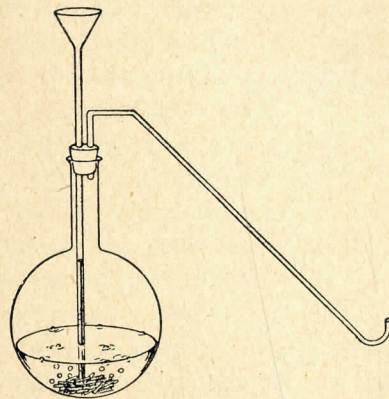
Kwas siarkowy jest to ciecz gęsta, oleista. Należy go do niniejszego doświadczenia rozcieńczyć wodą. Operacja ta wymaga zachowania pewnych ostrożności, ponieważ przy mieszaniu kwasu siarkowego z wodą zawartość naczynia rozgrzewa się tak mocno, że można się łatwo oparzyć. Nie należy dolewać wody do kwasu, lecz odwrotnie, gdyż w pierwszym wypadku woda, mając gęstość mniejszą niż kwas, pozostaje w warstwie górnej, mocno się rozgrzewa i zamienia częściowo na parę, która powoduje łatwo rozpryskiwanie cieczy. Ciecz ta parzy dotkliwie nie tylko z powodu wysokiej temperatury, lecz i z powodu obecności kwasu. Kwas należy wlewać do wody wąskim strumieniem, a zawartość naczynia mieszać pręciwką szklaną. Stosując się do powyższych wskazówek, odmierzamy w walcu 10 cm.³ stężonego kwasu siarkowego i wlewamy go do zlewki lub kolby, zawierającej 100 cm.³ wody. Kiedy roztwór ostygnie, przelewamy go do butelki, zamykamy korkiem i zachowujemy do następnych doświadczeń.

Przyrząd do wytwarzania wodoru w swej najprostszej postaci składa się z kolbki (około 50 cm.³), do któ-

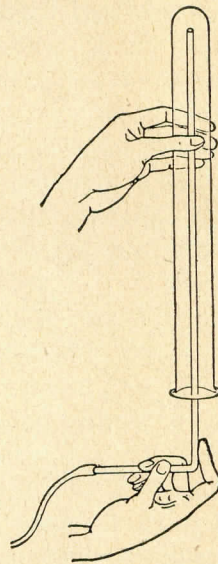
rej wrzucamy trochę cynku w kształcie wiórków lub łaseczek (rys. 98).

Kolbkę zamykamy korkiem z rurką, prowadzącą do wanny pneumatycznej, i z lejkiem, sięgającym prawie do dna. Lejek ten ma podwójny cel: służy do dolewania kwasu i jest *rurką bezpieczeństwa*, przez którą mógłby się wydostać kwas, gdyby wewnątrz kolby powstało ciśnienie, zagrażające całości przyrządu.

Cynk, używany do wytwarzania wodoru, nie powinien być chemicznie czysty, gdyż wówczas ulega działaniu kwasu bardzo słabo. Jeżeli z tego powodu wodór



Rys. 98.

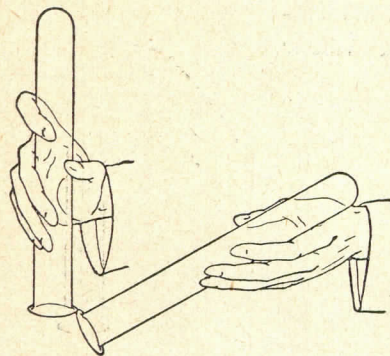


Rys. 99.

wywiązuje się powoli, to najpraktyczniej jest dolać do kolby kilka cm.³ roztworu siarczanu miedziowego.

Jakkolwiek po wlewniu kwasu siarkowego do kolbki zauważymy natychmiast wydzielanie się pęcherzyków wodoru, to jednak należy poczekać kilka minut, zanim rozpoczniemy zbieranie wodoru, gdyż pierwsze porcje gazu, wydobywającego się z przyrządu, zawierają znaczną

ilość powietrza, które wypełniało pierwotnie kolbkę a teraz wraz z wodorem uchodzi nazewnątrz. Zbierania mieszaniny wodoru i powietrza w naczyniach zamkniętych unikamy dlatego, że przy zetknięciu z iskrą lub płomieniem wybucha ona gwałtownie. Chcąc uniknąć wszelkiego niebezpieczeństwa, winniśmy przed rozpoczęciem zbierania wodoru wykonać bezwarunkowo następującą próbę. Do końca rurki, przez którą wydostaje się gaz (rys. 99), dołączamy inną, na nią wkładamy odwróconą dnem do góry probówkę i trzymamy przez chwil kilka. Wodór, ja-



Rys. 100.

ko lżejszy od powietrza, wypiera je ku dołowi a sam zbiera się u góry i stopniowo wypełnia probówkę. Po pewnym czasie, zależnym od wielkości przyrządu i szybkości, z jaką gaz się wydobywa, zdejmujemy probówkę z rurki, i, nie odwracając jej do góry otworem, zatykamy palcem; poczem przysuwamy ją do płomienia. Teraz dopiero usuwamy palec; jeżeli w probówce nie było powietrza, to gaz zapali się spokojnie i po odwróceniu probówki do góry otworem spłonie bez hałasu; w przeciwnym razie nastąpi słaby wybuch, któremu towarzyszyć będzie ton wysoki i ostry. W tym wypadku należy się wstrzymać jeszcze czas jakiś ze zbieraniem gazu, a następnie próbę powtórzyć; samo zaś zbieranie należy wykonać według wskazówek umieszczonych wcześniej przy omawianiu zbierania tlenu.

Chcąc przerwać wydzielanie się wodoru, musimy

za każdym razem wylewać kwas z kolbki; jest to niewątpliwie ujemną stroną tego przyrządu.

Po wypełnieniu walca wodorem zatykamy walec pod wodą płytką szklaną, wyjmujemy, usuwamy płytkę i w tej samej chwili przysuwamy płomień palnika: gaz się zapala i płonie spokojnie. *Wodór jest więc gazem palnym.* Przelewanie wodoru z jednego walca do innego, wypełnionego początkowo powietrzem, wykonać można nadając obu naczyniom położenie, wskazane na rys. 100. Wodór wzniesie się ku górze i zajmie w górnym walcu miejsce powietrza. Zbliżywszy następnie górny walec do płomienia: gaz w nim zawarty zapali się, niekiedy z hukiem, co pochodzi od domieszki powietrza. *Wodór jest więc gazem lżejszym od powietrza*, a nawet stanowi ciało najlżejsze z pośród wszystkich znanych nam obecnie. Wodór bywa używany do napelniania balonów.

Przekonajmy się teraz, co powstaje, gdy wodór pali się w powietrzu.

Po upewnieniu się, że cała ilość powietrza została wypędzona z kolbki, wsuwamy w otwór korka, zamiast rurki zgiętej, rurkę prostą, silnie zwężoną u góry, i zbliżamy po chwili do jej wylotu płomień. Wodór, wchodzący przez wylot rurki, palić się będzie stałym płomieniem; umieszczając nad tym płomieniem suchą zlewkę, odwróconą dnem do góry, zauważymy, że pokrywa się ona od wewnątrz rosą, a nawet, że na niej się osadzają małe kropelki wody. Doświadczenie to tłumaczymy w ten sposób: wodór, paląc się, jak i inne ciała, łączy się z tlenem powietrza, czyli utlenia się; a że przytem powstaje woda, więc *woda jest tlenkiem wodoru*, czyli związkim wodoru z tlenem. Potwierdzenie tego mamy w opisanem wyżej zachowaniu się pary wodnej wobec rozżarzonego żelaza.

Wodór łączy się z tlenem nadzwyczaj łatwo w wyższej temperaturze. Jeżeli do mieszaniny wodoru i tlenu (albo powietrza), zawartej w jakimkolwiek naczyniu,

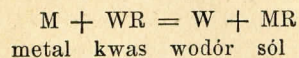
zbliżymy płomień, to wodór w jednej chwili połączy się z tlenem. W reakcji tej wywiązuje się bardzo znaczna ilość ciepła, skutkiem czego mieszanina gazowa szybko się rozgrzewa i rozpręża się z taką siłą, że rozsada naczynie, powodując głośny wybuch. Mieszaninę taką nazywamy «gazem piorunującym».

NA CZEM POLEGA DZIAŁANIE KWASU NA METAL? TWORZENIE SIĘ SOLI.

W jednym z poprzednich rozdziałów chemii spotkaliśmy się z nazwą kwasów mineralnych, którą objęto takie kwasy, jak siarkowy, solny i azotowy. Wodne roztwory tych kwasów zachowują się dość podobnie wobec takich metali, jak cynk, żelazo, cyna, zwłaszcza gdy metale te są w stanie rozdrobnienia. Ponieważ przy zetknięciu wspomnianych metali z rozcieńczonymi kwasami, występuje wodór, uchodzący z roztworu w postaci pęcherzyków, więc rodzi się przypuszczenie, że zarówno wymienione tu kwasy, jak i pozostałe, zawierają w swym składzie wodór, który łatwiej lub trudniej ulega wyparciu z nich przez metale.

Nazwijmy literą W wodór, a literą R—resztę kwaśną, to jest to pozostałe coś, co, łącząc się z wodorem, tworzy kwas. Winniśmy więc sam kwas oznaczyć w skróceniu literami WR. W każdym kwasie jest, według powyższego, wodór, a więc kwasy różnić się będą między sobą tylko resztą kwaśną R; różne są te reszty u kwasów siarkowego, solnego, azotowego, ale wszystkie te kwasy łączy to wspólne, że zawierają w swym składzie wodór W. Nazwijmy znowu dla skrócenia literą M—którykolwiek ze wspomnianych metali. Otóż reakcja między metalem a kwasem prowadzi do tego, że metal wypiera wodór z kwasu i zajmuje jego miejsce, czyli wiąże się

z resztą kwaśną, którą oznaczyliśmy literą R. Wynik tej reakcji można uwidocznic w ten sposób:



Ciało, powstające ze złączenia metalu z resztą kwaśną i oznaczone literami MR, nazwiemy *solą*.

Czemże się więc sole różnić będą między sobą? Oczywiście, że albo metalem (M), albo resztą kwaśną (R), albo jednym i drugim. Stąd też pochodzi ta różnorodność soli, o której już wcześniej wspominaliśmy. Jeżeli na przykład M oznacza cynk, a WR oznacza kwas siarkowy, to wzajemne działanie tych dwu ciał wyda obok wodoru związek cynku z resztą kwaśną kwasu siarkowego, który to związek nazywamy solą cynkową kwasu siarkowego. Gdyby natomiast w miejsce cynku była użyta miedź, to powstałaby inna sól tegoż kwasu siarkowego, tym razem sól miedziowa kwasu siarkowego, tworząca piękne niebieskie kryształy, zwane też sinym kamieniem (str. 163). W rozdziale o tlenie poznaliśmy osobliwy cokolwiek metal sód; z kwasem solnym wyda on sól sodową kwasu solnego, znaną pod nazwą zwyczajową (pospolitą) soli kuchennej.

Wyosobnienie soli cynkowej kwasu siarkowego.

Otrzymując wodór działaniem wodnego roztworu kwasu siarkowego na cynk, wytworzyliśmy równocześnie warunki, w jakich powstać musi sól cynkowa kwasu siarkowego. Wyosobnić sól tę możemy w sposób następujący. Gdy po dolaniu kwasu siarkowego ustanie wywiązywanie się wodoru (po ukończeniu doświadczeń z wodorem), odsączmy płynną zawartość naszej kolbki, przesącz zaś poddajmy parowaniu, ogrzewając w porcelanowej parownicze. Wkrótce zauważymy wydzielanie się kryształków żądanej soli. Wodny roztwór soli cynkowej kwasu siarkowego, jako t. zw. *woda cynkowa*, bywa zalecany

przez lekarzy do przemywania oczu, będących w stanie zapalnym.

O POWSTAWANIU SOLI PRZY ZOBOJĘTNIENIU KWASÓW PRZEZ ZASADY.

W jednym z poprzednich rozdziałów mówiliśmy już o własnościach kwasów, zasad i soli. Kwasy barwią lakmus na czerwono, zasady na niebiesko, sole zaś pozostają naogół obojętne wobec jego barwy. Przez dodanie kwasu do zasady w odpowiedniej ilości otrzymywaliśmy płyn, pozbawiony żrących własności kwasu czy zasady, płyn obojętny, z którego drogą odparowania wydobyć możemy sól. Powiadamy też, że *kwas można zobojętnić zasadą*, a przez to utworzyć inne ciało, zwane solą. O najpospolitszej z tych soli, o soli kuchennej, pomówimy bliżej w następującym rozdziale.

C. SKORUPA ZIEMSKA.

POWSTAWANIE SKORUPY ZIEMSKIEJ. ISTOTY ŻYWE A MINERAŁY.

Pewne znamienne zjawiska, jak źródła gorące, czy wylewy gór ziejących — wulkanów, wskazują na to, że w głębi ziemi panuje bardzo wysoka temperatura. Istnienie tego żaru we wnętrzu ziemi starają się uczeni wytłumaczyć, przypuszczając, że ziemia oderwała się kiedyś jak kula rozżarzona od słońca, a więc od tej olbrzymiej bryły ognistej, jaką i obecnie jest jeszcze słońce. Owa pierwotna kula ziemską, krążąc jak i dziś dokoła słońca i przebiegając bezgranicznie zimny przestwór, musiała tracić swe ciepło do otoczenia przez promieniowanie tak, jak i nasze słońce; traciła więc swą wysoką temperaturę przedewszystkiem u powierzchni, gdyż nią dotykała otoczenia, i tak się utworzyła stała twarda kora, okrywająca rozżarzone jeszcze wnętrze.

Przypuszczamy tem samem, że był kiedyś czas, gdy ziemia nasza była pusta i martwa, a więc gdy nie była siedliskiem życia, gdyż żywe istoty nie mogą znieść zbyt wysokiej temperatury.

Zamieszkiwana dziś przez nas skorupa ziemską zbudowana jest z materjałów, które nazywamy *minerałami*; ciałom tym, jako nieożywionym, przeciwstawiamy zwykle rośliny i zwierzęta. Rośliny i zwierzęta przyjmują pokarm; powiększając się, rosną aż do chwili zupełnego rozwoju swych organów, a wkońcu umierają. Minerale zachowują się zupełnie odmiennie; upatrywane niekiedy podobieństwo między światem istot ożywionych a minerałami jest tylko pozorne. Minerale rosną wprawdzie, lecz nie przez odżywianie, to jest pobieranie pokarmów do wewnątrz, lecz powiększają się skutkiem układania się na ich powierzchni zewnętrznej cząstek jednakowych; poza tem minerale nie umierają, jak zwierzęta i rośliny, lecz trwają tak długo, aż działaniem wody, bądź powietrza, albo wreszcie innych przyczyn, nie zostaną zmienione lub nawet zburzone.

OGÓLNE WŁASNOŚCI MINERAŁÓW.

Cieężar właściwy albo gęstość. Minerale nie są jednakowo ciężkie, to znaczy, że ta sama objętość różnych minerałów ma niejednakowy ciężar. Wiemy już, że ciężar właściwy, albo gęstość jakiegokolwiek ciała, a więc i minerału, oznacza, ile razy pewna objętość minerału jest cięższa od tejże objętości wody. Najbardziej rozpowszechnione minerale mają ciężar właściwy w granicach od 2 do 3. *Twardość.* Gdy usiłujemy rysować ostrym przedmiotem powierzchnię minerału, to spotykamy przytem mniejszy lub większy opór, stawiany przez spójność najdrobniejszych cząstek. Pewne minerale rysują się przytem nożem bardzo łatwo, inne trudno, lub też wcale się

nie rysują. Praktycznie, choć niezbyt dokładnie, można stopień twardości ocenić, posługując się jako ryłcem: 1^o paznokciem, 2^o szczytykiem stalowym i 3^o szkłem.

Pierwszą grupę utworzą te minerały, które się dają łatwo lub trudno rysować paznokciem. Drugą tworzą te, które wcale nie rysują się paznokciem, lecz łatwiej bądź trudniej nożem stalowym. Trzecią grupę stanowią te, których nie rysuje nóż, lecz je rysuje szkło. W czwartej grupie znajdziemy takie minerały, które rysują szkło; dają one już iskrę przy uderzeniu o stal. *Rysa*. Jeżeli minerał, posiadający barwę, sproszkujemy, to zobaczymy, że proszek ten ma zwykle inną barwę, aniżeli minerał w kawałku; okazuje się przytem, że minerały przezroczyste albo przeświecające mają proszek jaśniejszy od kawałka, natomiast minerały nieprzezroczyste w kawałku dają proszek ciemniejszy. Bywa też, że dwa minerały o barwie niemal tej samej w bryłkach dają proszki, różniące się znacznie barwą, co pozwala nieraz podług tej cechy określić same minerały.

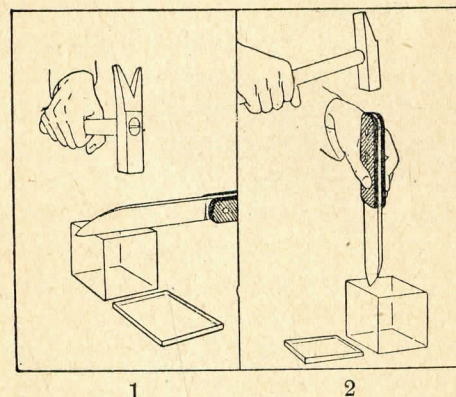
Aby uzyskać proszek, niema potrzeby tłuc dany minerał, wystarcza uszkrobanie nożem, chociaż i ten sposób nie jest zawsze łatwy. Najdogodniej barwę proszku określić można z rysy, którą pozostawia minerał, gdy nim potrzemy o dostatecznie szorstką i twardą powierzchnię, najlepiej o płytkę z porcelany niepolewanej. *Łupliwość*. Najdrobniejsze cząstki minerału, jak każdej materji stałej, przyciągają się wzajemnie, tworząc pewną całość, którą zburzyć można tylko mniej lub więcej znacznym wysiłkiem zewnętrznym; ogólną tę własność ciał nazywamy spójnością. Spójność ta jest wszakże u pewnych minerałów niejednakowa w różnych kierunkach; spotykamy się wówczas z bardzo znamioną cechą minerału — łupliwością, z którą też bliżej poznamy się w następującym rozdziale o soli kamiennej.

Zajmiemy się z kolei najpospolitszym a jednocześnie jednym z najważniejszych minerałów, jakie spotykamy w przyrodzie.

SÓL KAMIENNA I SÓL KUCHENNA.

BADANIE KRYSZTAŁÓW SOLI.

Łupliwość soli. Naciśnijmy kryształ soli nożykiem albo innem narzędziem tak, aby ostrze było równoległe do jednej ze ścian kryształu, i uderzmy dość silnie młot-



Rys. 101. Łupanie soli kuchennej.

kiem w grzbiet noża. Część kryształu, leżąca po jednej stronie noża, odskoczy natychmiast od masy pozostałej. Nowe płaszczyzny na obu częściach są gładkie, błyszczące i, jeśli uderzenie wymierzylimy zręcznie, prawie zupełnie równe. Widzimy też połysk szklisty na świeżo odłamanych płaszczyznach; tracą go one jednak po pewnym czasie wskutek pochłaniania wilgoci (rys. 101₁). Powtórzmy próbę z tą zmianą, że nożyk ustawmy na kryształach soli nie poziomo, jak pierwotnie, lecz pionowo, trzymając jednak ostrze równoległe do ścian kryształu

(rys. 101₂). Uderzmy teraz w rękojeść nożyka; część kryształu odskoczy jak przedtem, a świeże ściany będą równie gładkie, jak w poprzednim wypadku. Łupanie kryształu powtórzymy z równym powodzeniem, ustawiając ostrze równoległe do którejś innej ze ścian. Próżno jednak staralibyśmy się rozłupać kryształ soli równie doskonale w dowolnym innym kierunku nierównoległym do którejś z trzech par płaszczyzn, stanowiących ściany sześcianu. Dochodzimy więc do przekonania, że kryształy soli kamiennej łupią się doskonale w trzech prostopadłych względem siebie kierunkach, dokładnie odpowiadających ścianom sześcianu. Tak więc masa krystaliczna soli kamiennej nie jest w każdym dowolnym kierunku jednakowo zwięźle spojona, przeciwnie, widocznie drobnutkie jej cząstki w pewnych kierunkach (jakich?) przylegają do siebie słabiej, niż w innych.

Twardość soli. Badając twardość soli kamiennej, przekonamy się, że jesteśmy w stanie, choć z trudnością, rysować paznokciem jej ściany, o ile tylko pociśniemy je dość silnie; sól kamienna należy więc do ciał niezbyt twardych.

Gęstość soli. Zmierzywszy objętość prostopadłościennej bryły soli i zważywszy ją następnie, znajdziemy gęstość 2.

Barwienie płomienia. Wsuńmy umieszczony na druciku lub w szczypcach okruch soli do płomienia lampki lub palnika: wystąpi charakterystyczne pomarańczowo-żółte zabarwienie płomienia. Jest to bardzo czuła próba, pozwalająca wykryć najdrobniejsze ilości sodu lub jego związków, do których należy i sól kamienna.

OTRZYMYWANIE KWASU SOLNEGO.

Do próbówki, zawierającej trochę pokruszonej soli kuchennej, wlewamy parę kropel mocnego kwasu siar-

kowego. Mieszanina zaczyna się burzyć, wydzielając gaz o bardzo ostrym zapachu (ostrożnie!); gaz ten barwi zwilżony niebieski papierek lakmusowy na czerwono. Gdybyśmy gaz powyższy wpuścili do wody, to rozpuściłby się w niej, tworząc pospolity kwas solny, tem silniejszy, im mniej użyjemy wody, lub im więcej gazu tego (zwanego chlorowodorem) w danej ilości wody rozpuścimy. Zabieramy się właśnie do fabrykacji kwasu solnego.

Zestawmy przyrząd, z dwu probówek, korka i zgiętej rurki złożony, według rysunku 99. Lampka oraz zlewka nie będą nam przytem potrzebne: próbówka niższa (prawa) powinna być sucha. Do wyższej (lewej) próbówki wsypujemy ze dwie łyżeczki soli, na sól tę nalewamy 2—3 cm.³ wody, a następnie 2 cm.³ kwasu siarkowego stężonego, zamykamy natychmiast probówkę tę korkiem z powyższą rurką zgiętą, której drugi koniec opuszczamy według wspomnianego rysunku do innej, suchej próbówki. Gdy po chwili burzenie się w lewej próbówce ustanie, wyjmujemy rurkę z prawej próbówki, i zasłoniwszy wylot tej próbówki dużym palcem, odwracamy ją dnem do góry, wylot ten zanurzamy do miseczki z wodą usuwając palec dopiero po opuszczeniu otworu do cieczy. O ile próbówka była napelniona chlorowodorem, to woda wzniesie się z miseczki do próbówki i zapełni ją: chlorowódor przy zetknięciu się z wodą rozpuszcza się w niej całkowicie, pozostawia po sobie próżnię, którą wypełnia woda pod uciskiem otaczającego powietrza. Zbadajmy też zawartość próbówki z pomocą lakmusu: stwierdzimy z łatwością, że zawarta w próbówce ciecz — roztwór chlorowodoru w wodzie, czyli kwas solny, barwi lakmus na czerwono.

Moglibyśmy tu według wskazówek na str. 171 otrzymać z naszego kwasu solnego sól kuchenną.

SÓL W PRZYRODZIE.

Narzuca nam się teraz pytanie, jak powstała sól w przyrodzie. Łądy zajmują dziś $\frac{2}{5}$, morza zaś $\frac{3}{5}$ całej powierzchni kuli ziemskiej; kiedyś jednak, w dalekiej przeszłości, morza zajmowały jeszcze większe przestrzenie. U brzegów tych niezmiernych obszarów wód słonych, w płytszych zatokach, tworzyła się przez wyparowanie wody powłoka soli kuchennej, na tej osiadała następna, a przez takie bezustanne opadanie soli na dno zbiornika powstawała warstwa soli coraz to grubsza. W miejscach, gdzie na warstwę soli padła warstwa gliny, utworzony pokład soli mógł się do dziś zachować, gdyż nieprzepuszczająca wody glina uchroniła go od wymycia przez wody podziemne. W ten sposób powstały w niektórych miejscach olbrzymie złoża t. zw. soli kamiennej.

ŻUPY SOLNE W POLSCE.

W Polsce potężne pokłady soli znajdują się na Podkarpaciu; o milę od Krakowa w stronie południowo-wschodniej leży miasteczko Wieliczka, a o kilka mil dalej na wschód — Bochnia; słyną one ze swych kopalni soli od bardzo dawna. Kopalnie soli czyli saliny wielickie i bocheńskie, inaczej też żupami zwane, istnieją już około 800 lat. Żupy solne Wieliczki oraz pobliskiej Bochni były własnością początkowo książąt krakowskich a później królów polskich, a pilnowali je urzędnicy, zwani żupnikami. Żupnicy byli to właściwie dzierżawcy, którzy placili pewne sumy królowi, królowej oraz niektórym kościołom i klasztorom. Za panowania Bolesława Wstydlwego w r. 1252, a jak podanie ludowe niesie, za sprawą w szczególności św. Kingi, żony Bolesława, kopalnie zostały odnowione po spustoszeniach, sprawionych najazdami hord tatarskich. Następnie Kazimierz Wielki miasto Wielickę murem opasuje, zamek salinarny w r. 1368 tu bu-

duje, mieszczan wielickich przywilejami obdarza, przez co Wieliczka zakwita znakomicie. Dla większego zapewnienia korzyści zakazał król Zygmunt August przemieszkwać Żydom w Wieliczce i handel solą prowadzić. Późniejsi królowie potwierdzali przywileje swych poprzedników, Władysław IV zaś uwolnił górników od służby wojkowej. Wieliczka, dwukrotnie przez Szwedów niszczone, dźwigała się po każdej klęsce. Gdy Polska utraciła niepodległość narodową, saliny wielickie zagarnęła Austria. W odrodzonej Polsce saliny są własnością Państwa.

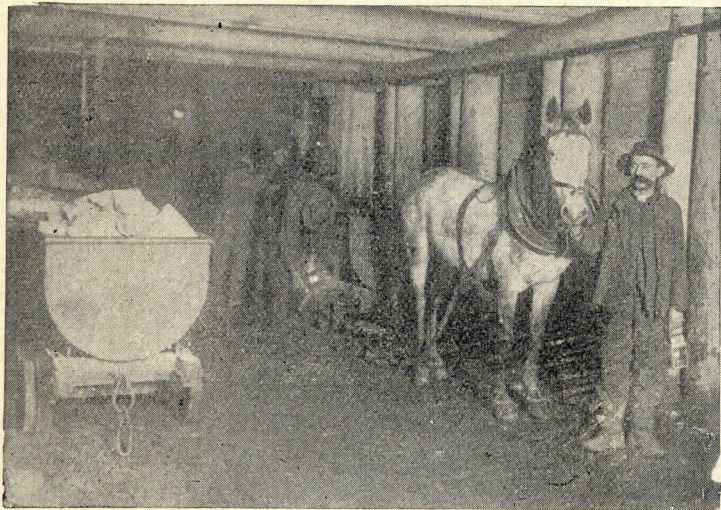
Saliny wielickie należą do największych w świecie kopalń soli i zajmują obszar około 5 kilometrów kwadratowych. Poza Wielizką i Bochnią, znajdującymi się nie- zbyt daleko od Krakowa, posiadamy we wschodniej Małopolsce jeszcze 9 kopalń soli; jednakże już Bochnia, a zwłaszcza dalej na wschód położone Kałusz i Stebnik zajmują miejsce drugorzędne.

Bardzo bogate złoża soli kamiennej znajdują się też w województwie poznańskim w miejscowości Wapno, powiatu wągrowieckiego. Ogólna produkcja soli w Polsce wyniosła w r. 1925 — 424.000 tonn, z czego na Wielkopolskę przypada 45%.

GÓRNICZE DOBYWANIE SOLI.

Sól wydobywa się albo przez odrywanie stalowymi klinami ogromnych brył, ławami zwanych, w czym wyzykuje się łupliwość soli, albo też wysadza się ścianę solną miną prochową. Uzyskane bryły soli obrabiano dawniej w kształt beczki (sól beczkowa), którą można było łatwiej toczyć mimo znacznego ciężaru, a to w braku wózków, służących w kopalni do przewożenia soli. Sól kamienną mielą w młynach celem uzyskania bądź soli spożywczej, bądź soli dla bydła, albo wreszcie t. zw. soli fabrycznej. W miarę wydobywania soli powstają podziemne drogi ko-

palniane, po których przewóz soli i skał odbywa się z pomocą kolejek i wózków, poruszanych na większe odległości końmi, na mniejsze popychanych przez ludzi (rys. 102). Konie, umieszczone w stajniach pod ziemią, nieraz przez lat kilkanaście pozostają tam bez przerwy.



Rys. 102. Wózki z solą w chodniku kopalni w Wieliczce.

PODZIEMIA WIELICKIE.

Chodniki podziemne ciągną się na kilku poziomach lub piętrach; do chodników tych dostajemy się przez szereg studni, czyli szybów, których obecnie Wieliczka ma ośm czynnych. Jednym z szybów odbywa się zjazd lub wyjazd ludzi, inny służy do opuszczania i wyciągania koni z kopalni, przez inny znów, zwany powietrznym, wpływa powietrze do wnętrza kopalni. Szyby te stanowią dla nas piękną i miłą pamiątkę historyczną, sięgają bowiem czasów króla Stefana Batorego, inny Włady-

ślawą IV, inny jeszcze Zygmunta III.; był to okres najbujniejszego rozwoju kopalni wielickich.

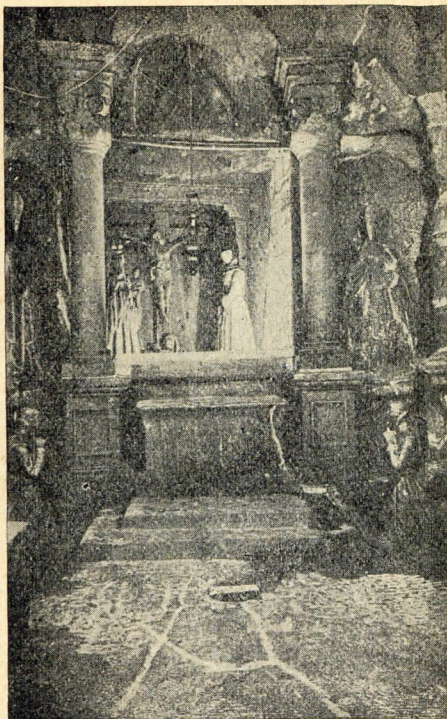
Głębokość szybów wynosi od 200 do 600 metrów. Ponieważ pustki podziemne, powstające skutkiem wydobywania soli i skały, mogłyby zczasem spowodować zawaliska, groźne dla miasta, więc prowadzi się od szeregu



Rys. 103. Wnętrze jednej z komór solnych Wieliczki.

lat powolne zasypywanie starych chodników i komór. Komory solne oraz drogi kopalniane, w soli lub twardej skale wykute, trzymają się całe lata znakomicie, lecz w skałach kruchych lub sypkich wymagają sztucznego wzmocnienia najczęściej z drzewa (rys. 103). Takie komory, wzmacniane od niepamiętnych czasów, pochłonęły całe lasy, które przeniesiono z góry pod ziemię. Ogólna długość dróg kopalnianych wielickich przewyższa znacznie 100 kilometrów, najniższy chodnik biegnie w głębokości

245 metrów. Wykute izby używane są poczęści na składy. Podziemne gmachy wielkie, w których łagodne i bardzo zdrowe panuje powietrze (około 11°C), działają jednak na przebywających w nich górników przygnębiająco. Ciężka



Rys. 104. Kaplica w podziemiach wielkich.

praca w podziemiach, do których promień słońca nie zagląda, oraz grożące nieustannie niebezpieczeństwo budzą w niejednym górniku gorętszą religijność. Przez jeden z szybów dostajemy się do kaplicy św. Antoniego (rys. 104), w soli wykutej. Ołtarz, posagi świętych, kolumny, am-

bona — wszystko misternie z soli wyrobione; nad amboną widnieje napis wyryty: «Gdy się w te ciemne podziemia spuszczamy, Ciebie, o Boże, o pomoc błagamy».

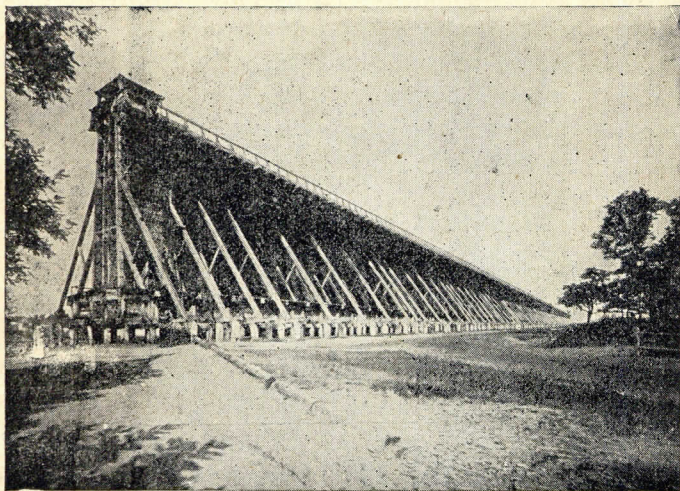
Na głębokości 145 metrów pod ziemią jest jezioro, zwane «Przykos»; jest to komora 40 metrów długa, 15 metrów wysoka i na głębokość 5 metrów wodą zalana, tu bowiem zbiera się woda kanałami sprowadzona, lub przeciekająca z powierzchni przez pokłady piasku.

Kopalnie wielkie w ciągu tylu wieków swego istnienia kilkakrotnym ulegały pożarom. W 17 wieku powstał pożar, dym podusił ludzi i konie, spaliły się liczne podpory drewniane, przeto wiele komór runęło, na powierzchni zaś powstały zawaliska. Pożar trwał kilka miesięcy.

ŹRÓDŁA SŁONE, CZYLI SOLANKI.

Poza Małopolską sól wydobywa się od roku 1870 w okolicach Inowrocławia w pobliskim Solnie, oraz w sąsiednim Ciechocinku. W miejscowościach tych istnieją na znacznej głębokości źródła słone. Celem dotarcia do nich przebieć trzeba wąski otwór głębokości niekiedy do 400 metrów; w otwór podczas wiercenia w miarę zagłębiania się opuszczają rury, by uchronić go od zasypiania ziemią. Rura ta zapelnia się wkrótce solanką, czyli naturalnym roztworem soli kuchennej, który się wydobywa przez pompowanie. Ponieważ solanka ta stanowi średnio zaledwie 5% roztwór, więc otrzymanie soli przez wygotowanie byłoby zbyt kosztowne, dlatego też poddają solankę uprzednio parowaniu na powietrzu w zwykłej temperaturze na t. zw. *teżniach*. Teżnie składają się z wysokiego na 4 piętra i na pół kilometra długiego rusztowania belkowego, wypełnionego chróstem lub faszyną. Solanka przez pompowanie dostaje się do górnego kanału, ciągnącego się wzdłuż całego rusztowania, spływa powoli po cierniu, a rozciągając się na tak znacznej powierzchni, traci szybko część wody, pozostawia domieszki i jako już stę-

żony roztwór spada do zbiorników, znajdujących się w dole tężni (rys. 105); wiatr sprzyja naturalnie szybszemu parowaniu wody. Proces ten trzeba nieraz powtórzyć kilkakrotnie. Otrzymany ostatecznie roztwór, więcej niż 20% soli zawierający, wprowadzają do olbrzymich kotłów, gdzie przez wygotowanie otrzymują sól, zwaną *warzonką*.



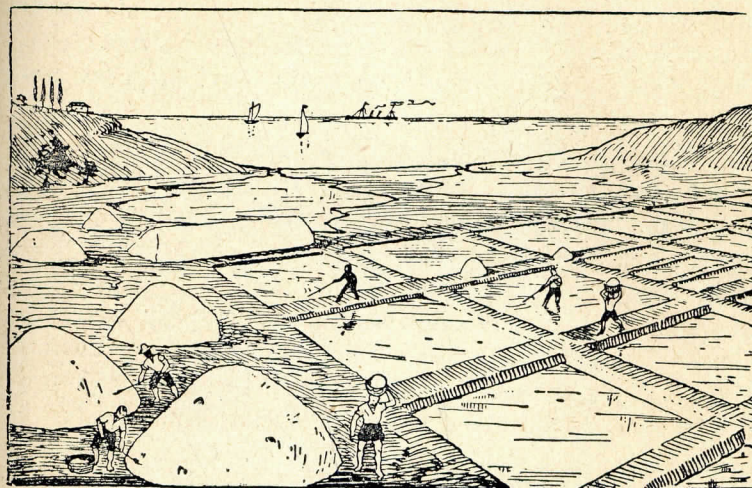
Rys. 105. Tężnie w Ciechocinku.

Saliny inowrocławskie dostarczyły w r. 1925 39.000 tonn soli, Solno 63.000 tonn, a ciechocińskie około 3.000 tonn. Słabe, jednoprocetowe solanki dla swych leczniczych właściwości bywają używane do picia. Solanki Buska i Solca nadają się jedynie do celów leczniczych. Warzelnie soli są też w Małopolsce.

SÓL MORSKA.

Woda morska zawiera, jak to wiemy już, rozmaite sole w ilości średnio 34 gramy na litr; głównym składnikiem jest tu sól zwykła, zawartość jej bowiem wynosi

około 27 gramów. Pomimo tak znacznej zawartości soli w wodzie morskiej, jest rzeczą niemożliwą, aby sól w otwartym morzu mogła z wody wykrystalizować, ponieważ nasycony roztwór wodny, z którego sól krystalizować może, zawiera w litrze przeszło 300 gr. soli. Zjawisko krystalizacji soli z wody morskiej wywołać wszakże można w ograniczonej przestrzeni, doprowadzając wodę morską do płytkich zbiorników-sadzawek, zwanych sali-



Rys. 106. Wydobywanie soli morskiej.

nami morskimi (rys 106). W krajach gorących, np. u brzegów morza Śródziemnego, woda w sadzawkach tych szybko paruje od ciepła słonecznego, pozostawiając na dnie sól w postaci kryształów. Również i w krajach zimnych nauczone się wydobywać sól z wody morskiej; np. u wybrzeży morza Białego w utworzonych w podobny sposób sadzawkach wymarza czysta woda bez soli, i jako lód może być usunięta, gdy na dnie pozostaje roztwór bar-

dziej stężony, z którego przez gotowanie otrzymuje się sól czystą.

SIARKA.

BADANIE SIARKI.

Siarka jest ciałem dość rozpowszechnionem na powierzchni kuli ziemskiej nietylko może w stanie wolnym, jak raczej w związkach. Związki te nie będą nas teraz zajmowały, zwrócimy się natomiast wyłącznie do siarki rodzimej, a więc pierwiastka tem bardziej dla nas ciekawego, że znajduje się w naszym kraju i był tu przez szereg lat wydobywany.

Siarka naturalna jest żółta, jej gęstość wynosi 2, jest krucha, ma twardość nieznaczną, rysuje się bowiem paznokciem. W handlu znajdujemy siarkę bądź w postaci kryształów, bądź jako drobny proszek, kwiatem siarkowym zwany, albo też w laskach.

Zbadajmy, jak zachowuje się siarka przy ogrzewaniu. W probówce, umieszczonej w łapce, ogrzewamy kilka kawalców siarki (zajmujących trzecią część probówki) nad płomieniem lampki. Siarka topi się łatwo, mianowicie już w temperaturze 120°C . Ciecz brązowa, wylana z probówki, zastyga wkrótce, tworząc powrotnie siarkę żółtą, stałą. Ogrzewajmy jednak naszą siarkę w dalszym ciągu. Barwa siarki staje się coraz ciemniejsza, a siarka przybiera postać mniej płynną, bardziej gęstą, ciągliwą tak, że wylać się prawie nie daje z probówki. Gdy przerwiemy teraz ogrzewanie, to wszystkie widziane przez nas zjawiska powtórzą się w porządku odwrotnym; siarka staje się znów jaśniejszą i ruchliwszą, a wreszcie krzepnie. Ogrzewamy siarkę raz jeszcze. Następują kolejno wszystkie poprzednio poznane zjawiska, a wkońcu, o ile płomień lampki jest dość silny, siarka zacznie wrzeć (445°C). Okaże się przytem, że para siarki ma barwę

ciemną, czerwono-brunatną. Wlejmy teraz stopioną, ciemno brunatną siarkę do zimnej wody w zlewce; otrzymamy po wyjęciu z wody t. zw. siarkę plastyczną, ciało ciągliwe, elastyczne, przypominające gumę lub smołę; po jakimś czasie siarka ta znowu stanie się kruchą.

Gdy odrobinę siarki ogrzejemy na łyżeczce, to siarka się stopi a potem zapali, spalając się zaś, wyda znany nam duszący gaz siarkowy.

MIESZANIE I ŁĄCZENIE SIARKI Z ŻELAZEM.

Zmieszajmy na kawalku papieru 5 gr. drobnego proszku żelaznego i 3 gr. kwiatu siarczanego. Mieszanie się tych dwóch ciał jest przykładem zjawiska fizycznego; drobne cząstki siarki i żelaza, poruszane, ocierają się tu wzajemnie, kruszą być może, lecz materja ich zmianie nie ulega. Możemy się o tem przekonać bardzo prostymi sposobami. Nasypmy odrobinę mieszaniny na szkiełko i przyrzućmy się jej przez szkło powiększające, a z łatwością odróżnimy pyłki żelaza koloru szarawostalowego od siarki o barwie żółtej. Wrzućmy następnie $\frac{1}{2}\text{ cm.}^3$ naszej mieszaniny do probówki, nalejmy trochę wody, zatknijmy palcem i skłóćmy: po chwili żelazo, jako cięższe, opadnie na dno, a siarka pozostanie przez pewien czas w zawieszeniu w wodzie. Możemy tę wodę zlać, nalać świeżej i skłócić powtórnie, przez co znowu część siarki oddzielimy; można więc tą drogą usunąć całą zawartość siarki, a w probówce pozostanie tylko niezmiennione żelazo. Żelazo od siarki oddzielimy też z pomocą magnesu.

Zobaczmy teraz, jak się zachowa mieszanina siarki i żelaza w wyższej temperaturze, czy pozostaną oba te ciała niezmiennionemi, jak wyżej. Nasypmy mieszaniny tej do suchej probówki w takiej ilości, aby wypełniła ona piątą część, ujmijmy probówkę w łapkę i ogrzewajmy

w płomieniu lampki. Wkrótce masa rozżarzy się do czerwoności w jednym miejscu; możemy wówczas wyjąć próbkę z płomienia, a żar nie zgaśnie, lecz obejmie całą zawartość. Płość ciepła, która się tu wywiązuje, jest tak znaczna, że szkło może pęknąć, lub stopić się, należy więc doświadczenie wykonywać nad blachą z piaskiem, aby w razie wysypiania rozpalonej masy nie uszkodzić stołu. Kiedy żar wewnątrz próbki zagaśnie, pozostawiamy ją na jakiś czas w spokoju, aby mogła ostygnąć, a potem rozbijamy szkło w celu wydostania masy. Badając następnie tę masę, przekonamy się, że nie ma ona napozór nic wspólnego ani z żelazem, ani z siarką. Wszystkie jej cechy: barwa, gęstość, rozpuszczalność, twardość i t. d., są zupełnie inne. Żelaza ni siarki nie widzimy już zupełnie. Ale może to tylko złudzenie, może to żelazo stopiło się z siarką i utworzyło zbitą masę, która jednak zawiera pierwotne kawałeczki żelaza i siarki obok siebie. Przeszukujemy więc tę masę w moździerzku i próbujemy obejrzeć ją przez szkło powiększające, nie możemy jednak zauważyć już ani śladu pierwotnego żelaza i siarki, proszek jest zupełnie jednolity, t. j. jedno ziarneczko nie różni się od drugiego. Nie uda nam się również odmyć siarki od żelaza, jak to robiliśmy na początku doświadczenia, ani oddzielić żelaza zapomocą magnesu. Musimy więc przyjść do wniosku, że mamy zupełnie nowe ciało, którego materia powstała z zespolenia żelaza z siarką. Ciało to nazywamy siarczkiem żelaza. Poznaliśmy równocześnie nowy przykład zjawiska chemicznego.

SIARKA W PRZYRODZIE.

Najbogatsze złoża siarki znajdują się na wyspie Sycylii, położonej na morzu Śródziemnym, i tam też prowadzi się oddawna rozległe jej wydobywanie. Pokład, za-

wierający siarkę, nazywamy rudą siarkową; bardzo bogata ruda zawiera od 25 do 40 % siarki, zwykła zaś dobra ruda od 20 do 25 %, i ta obficie na owej włoskiej wyspie występuje.

Pokłady siarki w Polsce. W Polsce mamy również pokłady siarkonośne, lecz uboższe od sycylijskich.

W Swoszowicach, o milę na południe od Krakowa położonych, obecność siarki zaznacza się źródłami siarczanymi, licznie przez chorych nawiedzanymi. Kopalnie siarki w Swoszowicach były już czynne przed 400 laty. Ostatnimi czasy były uruchomione, lecz na krótko, tania bowiem siarka sycylijska oraz ubóstwo rudy swoszowickiej sprawiły, że zakłady w 1883 r. stanęły, chociaż dostarczały około 1200 tonn siarki rocznie.

Złoża siarkonośne mamy też w Czarkowach. Wieś Czarkowy leży malowniczo blisko południowej granicy ziemi Kieleckiej, na prawym brzegu Nidy, o niecałą milę od jej ujścia do Wisły. Obecność tam siarki była znana oddawna, górnicze jej jednak dobywanie podjęto pod koniec 18 wieku. Założona kopalnia przetrwała zaledwie 50 lat. W r. 1870 podjęto dobywania na nowo; do dzieł wielu dawnych szybów przybyły nowe. Z rudy, wyłamej w kopalni w postaci dużych brył, wytapiano w sąsiedniej hucie siarkę. Jednakże wobec współzawodnictwa siarki sycylijskiej kopalnia czarkowska utrzymać się nie mogła, i dobywanie siarki zawieszono. W ostatnich latach swego istnienia kopalnia dostarczała około 500 tonn siarki rocznie.

SIARCZKI METALI W PRZYRODZIE.

Nazwę siarczków metali noszą spotykane dość często w przyrodzie związki siarki z metalami, jak żelazo, miedź, ołów lub cynk. W ustępie tym zajmijmy się siarczkami tych właśnie metali.

PIRYT MIEDZIANY, ALBO CHALKOPIRYT.

Chalkopiryt (chalkos znaczy po grecku miedź) stanowi związek siarki z miedzią i żelazem, a powstaje zwykle tam, gdzie obok żelaza znajdowała się w dostatecznej ilości miedź. Gęstość 4,2. Rysuje się łatwo nożem stalowym. Barwę ma mosiężno-żółtą z zielonawym odcieniem; minerał bywa miejscami pokryty brunatną lub pstrą nalaciełością. Badając rysę na niepolewanej płytce porcelanowej, przekonamy się, że rysa ta jest zielonawoczarna. Łupliwość niewyraźna.

Na ziemiach polskich piryt miedziany spotykamy na północ od Kielc w Miedzianej Górze. Kopalnię założyli mieli górnicy olkusecy, sprowadzeni tu przez królową Bonę. Z przerwami dotrwało to górnictwo do początku 19 wieku. Obecnie podjęto wydobywanie rudy w Kieleckiem ponownie; celem dalszego przerobu rudę przewożą do jednej z hut w Poznaniu.

GALENA, ALBO BŁYSZCZ OŁOWIU.

Pod względem chemicznym jest to związek siarki z ołowiem. Luźne kryształy mają postać sześciianów. Łupliwość doskonała: dosyć jest potłuc kryształ w moździerzu, aby otrzymać mnóstwo sześcianków. Barwa ołowianoszara. Połysk metaliczny, szczególnie na świeżych płaszczyznach łupliwości. Rysa szarawoczarna. Twardość nieznaczna, kryształ howiem rysuje się nożem bardzo łatwo. Gęstość dość duża, bo 7,5.

Minerał ten występuje między innymi na Górnym Śląsku koło Bytomia i Gór Tarnowskich, dalej pod Olkuszem, także pod Krakowem. Spotyka się go też w górach Świętokrzyskich koło Kielc i Chęcin.

BLENDY CYNKOWE.

Związek cynku z siarką. Gęstość 4. Stalowy nóż rysuje ją łatwo. Łupliwość kryształów doskonała. Połysk

silny, szklisty. Rysa żółta lub brunatna, rzadziej biała. Blenda cynkowa ulega w pewnych warunkach utlenieniu: tak zmieniona z przymieszką gliny i związków żelaza tworzy t. zw. *galman*. Blenda cynkowa wraz z galmanem znajduje się w wielkich masach w okolicach Bytomia, trafia się też koło Bolesławia i Sławkowa w powiecie olkuskim. Blenda cynkowa wraz z galmanem stanowi bardzo ważną rudę cynkową.

OGRZEWANIE SIARCZKÓW.

Sproszkujemy wreszcie kolejno poszczególne siarczki i ogrzejmy je na płomieniu w rurze zalutowanej z jednego końca; wkrótce pocujemy przy każdej próbie zapach przenikliwy gazu siarkowego, zdradzającego obecność siarki w wymienionych rudach.

WYRÓB KWASU SIARKOWEGO.

Zakłady, w których wytapiają cynk z rudy cynkowej na Śląsku, t. zw. huty cynkowe, prażą rudę dla wydzielenia z niej siarki w postaci gazu siarkowego, który przerabiają następnie na kwas siarkowy. Tak więc uboczny składnik rudy, któryby zatruwał okolice, gdyby był puszczony w powietrze, zostaje przerobiony na jeden z najważniejszych dla techniki związków chemicznych — kwas siarkowy.

Wyrób kwasu siarkowego, prowadzony na olbrzymią skalę w polskiej części Górnego Śląska, gdzie roczna produkcja kwasu siarkowego wynosi 250,000 tonn, stanowi też i w dawnej Kongresówce poważną gałąź przemysłu chemicznego. Podstawą jest tu nie siarczki cynku lecz siarczki żelaza, zwany też *pirytem żelaznym*. Piryt jest to minerał nieprzezroczysty, o połysku metalicznym, o barwie żółtej z odcieniem szarawym. Gęstość 5. Rysę daje brunatnawoczarną. Piryt jest kruchy, choć tak twardy, że ze stałą daje iskry; stąd też jego nazwa pochodzi, bo pir

po grecku znaczy ogień. Piryt jest jednym z najpospolitszych minerałów, spotykamy go niemal wszędzie tak dalece, że otrzymał przezwisko «Jaśka wszędobylskiego». Naturalnie znaczenie górnicze mogą mieć tylko bogatsze jego złoża, których Polska nie posiada, do wyrobu więc kwasu siarkowego, o którym mowa była wyżej, musimy piryt sprowadzać z zagranicy.

HUTNICTWO CYNKU I OŁOWIU.

Kopalnie polskiej części Górnego Śląska wydobywają rocznie około 450.000 tonn rudy cynkowej i około 50.000 tonn rudy ołowianej. Huty cynkowe tejże części Górnego Śląska w 15 piecach wytapiają rocznie 176,000 tonn cynku; dwa piece, wytapiające ołów, wydają rocznie ponad 7,000 kilogramów srebra, kopalnie Kongresówki wydobywają rocznie 50,000 tonn rudy cynkowej, a jedyna huta cynkowa w Dąbrowie Górniczej wytapia 8,000 tonn cynku czystego rocznie.

ŚPIŻE ALBO STOPY.

Miedź, stapiana z innymi metalami, daje bardzo cenne śpiże. Tombak, mosiądz i t. p. stopy zawierają cynk i miedź, przyczem zawartość miedzi waha się w nich od 50 do 80 %. Cyna i miedź, niekiedy z dodatkiem cynku, dają twardy śpiż-bronź, znany już w dalekiej przeszłości.

Z brązu stawiają (odlewają) pomniki, odlewają dzwony, robią mniejsze odlewy artystyczne; dawniej używano brązu do wyrobu armat.

ŻELAZO.

ZNACZENIE ŻELAZA.

Z pośród wszystkich skarbów, jakie ziemia w swem łonie ukrywa, żaden nie posiada dla człowieka tak wiel-

kiego znaczenia, jak węgiel i żelazo. Nie możemy sobie wystawić, w jakim stanie byłaby ludzkość, gdyby jej nie udało się obu tych ciał wydobyć, przerobić i uczynić przydatnymi do najrozmaitszych swych celów. Zastosowania żelaza są dziś tak różnostronne, że człowiek niekiedy wprost nie uświadamia sobie, co metalowi temu zawdzięcza. Stalówka, którą piszemy, maszyna drukarska, która umożliwia dostarczenie wielu tysięcy książek czy pism po całym kraju — czy bez żelaza moglibyśmy je wykonać? Liczne naczynia kuchenne, igła, nożyczki, gwóźdź, młotek, siekiera, czy wreszcie maszyny rzemieślnicze — wszystko z żelaza.

Także poza mieszkaniem, czy pracownią, towarzyszy nam żelazo. Okuty kij wędrowny, wóz, rower, samochód, czy mknący po żelaznym torze pociąg z żelaznym parowozem — towarzyszą podróżnym. Żelaza też potrzebuje dla uprawy roli ręka rolnika, którego praca zabezpiecza nam chleb powszedni. Żelazny pług orze ziemię, brona kruszy skibę. Gdy przyjdą żniwa, to zadzwieczy w zbożu żelazny sierp, czy kosa, rozlegnie się miarowy stuk młocarni, poruszanej żelazną lokomobilą, a i dalej we młynie nowoczesnym spotkamy żelazo na każdym kroku. Podobnie doniosłą rolę, a może i w wyższym stopniu, niż wśród zajęć w czasie pokoju, odgrywa żelazo podczas wojny.

Ostrze, przeciw najeźdźcy Ojczyzny zwrócone, jest z żelaza, podobnie broń palna i pociski przez nią wyrzucone. Żelazne szkielety telegrafu iskrowego umożliwiają szybkie porozumiewanie się na lądzie i morzu.

Żelazo pozostanie na długo metalem najcenniejszym, bo najczęściej niezastąpionym.

To też zapotrzebowanie żelaza wzrasta z każdym rokiem i dziś jest 70 razy większe, niż przed 100 laty; a wartość wytwarzanego rocznie żelaza jest $1\frac{1}{2}$ raza większa

od łącznej wartości wszystkich pozostałych metali w tymże czasie wydobytych.

Jeżeli słuszne jest, jak się ktoś dowcipnie wyraził, że o wysokości oświaty danego kraju mówi ilość zużytego mydła, to śmiało rzec można, że o postępie narodu we wszystkich dziedzinach świadczy ilość zużytego żelaza.

RUDY ŻELAZNE.

Żelazo nie występuje w przyrodzie w stanie rodzimym, a więc wolnym, t. zn. jako pierwiastek; widzimy je w postaci związków, wśród których nas tu obchodzą rudy żelazne. Niekażdy minerał, który w swym składzie zawiera żelazo, stanowi rudę żelazną. Nazwa ta przypada tym tylko minerałom, z których łatwo na drodze chemicznej otrzymać można żelazo metaliczne. Najlepszymi rudami są związki żelaza z tlenem, gdyż dość łatwo przy ogrzewaniu z węglem oddają węglowi swój tlen, a pozostawiają prawie czyste żelazo. Zajmiemy się tu najprzód rudami, które na polskiej ziemi występują, a później i temi, co stanowią bogactwo innych krajów.

Żelaziak brunatny albo *limonit*. Minerał ten, często zanieczyszczony obcymi domieszkami, miewa wygląd i właściwości bardzo zmienne. W stanie czystym ma gęstość 4 i barwę ciemnobrunatną, prawie czarną; twardością nie ustępuje szkłu, to też nożem stalowym rysuje się z trudem. Mimo częstych domieszek zachowuje niezmiennie właściwą sobie rysę brunatnożółtą, co pozwala odróżnić minerał ten od pozostałych rud żelaznych. Żelaziak brunatny, którego na powierzchni ziemi wytwarza się nadzwyczajnie wiele, nie różni się od pospolitej rdzy żelaznej; zawiera on w swym składzie, obok żelaza, tlen i wodę. Ruda ta miejscami nagromadziła się w masach potężnych, lecz występuje też w stanie rozdrobnienia niemal wszędzie w górnych warstwach ziemi. Żelaziak bru-

natny barwi rolę naszą na brunatno, a glinę i piasek na żółto i brunatno.

Złoża tej najpospolitszej rudy żelaznej w Polsce ciągną się dość szerokim pasem od okolic Olkusza na zachód do sąsiednich miejscowości Górnego Śląska, oraz na południe w głąb okręgu krakowskiego. Obfite też pokłady tej rudy znajdują się wzdłuż północnego stoku gór Świętokrzyskich w okolicy Ostrowca, Suchedniowa, Szydłowca i Końskich. Przeciętna zawartość czystego żelaza w limonicie wynosi 40%.

Syderyt albo *spat żelazny* stanowi dobrą rudę żelazną, gdyż zawiera 48% żelaza czystego, naturalnie w rudzie jest ono związane. Gęstość 3,8; rysuje się łatwo nożem stalowym. Barwa brunatnoszara. Połysk szklisty. Syderyt sproszkowany wydziela pod wpływem rozcieńczonego kwasu solnego czy siarkowego pęcherzyki dwutlenku węgla, a więc zachowuje się pod tym względem podobnie do kredy i marmuru. Pod wpływem wody i powietrza syderyt w ziemi przechodzi stopniowo w żelaziak brunatny; to też nierzadko znaleźć można okazy rudy, np. w kształcie kul zwierzchu już limonitowych, a wewnątrz jeszcze syderytowych. Syderyty z domieszką gliny występują obficie w pasmie Krakowsko-Częstochowskim, jak również wzdłuż północnego stoku gór Świętokrzyskich; w obu miejscach wydobywane zasilają pobliskie huty żelazne.

Wytwórczość kopalni rud żelaznych na ziemiach polskich w ostatnim dziesięcioleciu przed wielką wojną, obniżając się corocznie, spadła na Górnym Śląsku do $\frac{1}{3}$ a w Kongresówce do $\frac{1}{4}$ swej wytwórczości z roku 1900. Jednocześnie jednak ilość żelaza wytapianego w piecach hutniczych wzrastała rok rocznie; nie dowodzi to jednak wyczerpywania się kopalni polskich, lecz że huty żelazne uważają ubogie stosunkowo rudy miejscowe jedynie za dodatek do rud, sprowadzanych z zagranicy w rozmia-

rach coraz to większych. Rudy nierównie bogatsze w żelazo sprowadzało się ze Szwecji, Hiszpanji, Węgier i Rosji południowej; były to głównie żelaziak czerwony i żelaziak magnetyczny. Do opisu tych rud przechodzimy obecnie.

Żelaziak czerwony. Mineral ten nieprzezroczysty ma barwę szarą z odcieniem czerwonym; połysk miewa słaby lub wcale go nie posiada. Gęstość około 5. Rysuje się łatwo nożem stalowym, rysę daje czerwoną; jest kruchy.

W pokładach potężnych żelaziak czerwony jest rudą wielce poszukiwaną do wytapiania metalu. Olbrzymie złoża tej rudy, zawierającej do 70% żelaza, znajdują się nad zatoką Biskajską w Hiszpanji oraz w południowej Rosji.

Żelaziak magnetyczny (magnetyt). Mineral ten, będący związkiem o zawartości 72% czystego żelaza, jest również nieprzezroczysty, ma barwę czarną, jest kruchy. Gęstość 5. Twardszy jest od szkła, gdyż je rysuje. Rysę daje szarawoczną. Jeśli kawałek magnetytu umieścimy w pudełku, zawierającym opilki żelazne, to pokrywają go one, czepiając się jedna drugiej. Przez zetknięcie się z minerałem miękkie żelazo staje się samo magnesem, to też przyciągnięta opilka jak samodzielny magnes przyciąga następną i t. p., i tak kilka z nich tworzy łańcuch. Takie wyraźne i silnie działające okazy żelaziaka magnetycznego spotykamy dość rzadko; zawsze jednak mineral ten ujawnia swą własność przez to, że zbliżony do swobodnie poruszającej się igły magnesowej, odchyła ją od położenia pierwotnego. Największe masy magnetytu znajdują się w Szwecji i na Uralu.

ZNACZENIE PRZEMYSŁU ŻELAZNEGO DLA KRAJU.

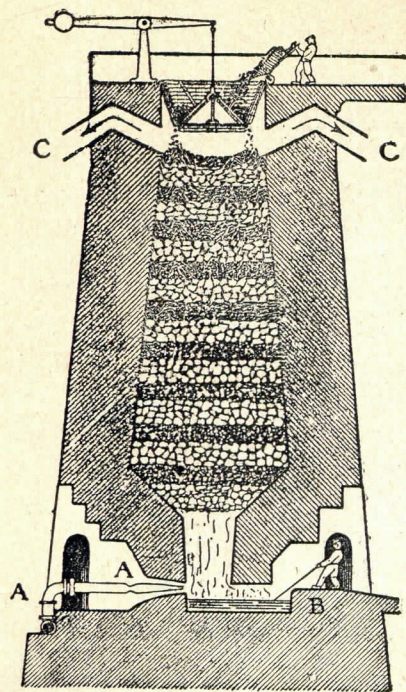
Z opisu powyższego widzimy, że Polska posiada znaczne zasoby rudy żelaznej, choć nie tak bogatej, jak inne kraje; posiada ona też w Zagłębiu Śląsko-Polskiem wielki skarb — węgiel, niezbędny przecież do wytapiania że-

laza z rudy. Pamiętajmy jednakże, że istotne bogactwo kraju tworzą te skarby ziemi dopiero wtedy, gdy przez pracę stają się podstawą własnego przemysłu. To też przeróbka węgla na koks, wytapianie z pomocą tegoż koksu żelaza z rudy żelaznej, fabrykacja stali, a z niej maszyn i różnorodnych narzędzi rozwija kraj gospodarczo, podnosi dobrobyt jego obywateli, a przez to utrwala niezależność państwową.

WIELKI PIEC HUTNICZY.

Z poprzednich ustępów dowiedzieliśmy się, że najważniejszą część rud żelaznych, przerabianych w hutach, składa się głównie z żelaza i tlenu. Ażeby więc z rudy takiej wydobyć żelazo, należy zabrać jej tlen; otóż węgiel ma tę cenną dla nas własność, że w wyższej temperaturze, a więc ogrzewany z rudą, chciwie tlen rudzie odejmuje. Powiadamy wówczas, że węgiel łączy się z tlenem, czyli się utlenia, a ruda tlen traci, czyli się od-tlenia. Po takim odłączeniu tlenu od rudy otrzymalibyśmy prawie czyste żelazo, gdyby nie to, że owo żelazo, uwolnione z rudy w tak wysokiej temperaturze, wchłania w siebie pewną ilość otaczającego je węgla. Powstaje w ten sposób nie czyste żelazo, lecz żelazo z dość znaczną domieszką węgla, t. zw. surowiec, albo inaczej żelazo lane. Wytapianie surowca przedstawia się wszakże nie tak prosto, a to dlatego, że ruda zawiera zazwyczaj takie domieszki, jak glina, piasek i okruchy skalne. Otóż z biegiem czasu nauczono się usuwać te domieszki przez dodawanie do rudy t. zw. topnika, którym bywa najczęściej kamień wapienny, czyli wapień, skała tworząca całe pasma górskie na ziemi polskiej. Wapniak z wymienionymi domieszkami rudy tworzy łatwotopliwą szklistą masę, zwaną żużlem albo szlaką, która jako lżejsza wypływa na powierzchnię sto-

pionego surowca, a przeto łatwo może być odeń oddzielona. Właściwym materiałem opałowym w różnych gałęziach przemysłu, a w szczególności w hutnictwie żelaza, nie jest jednak zwykły węgiel, lecz wytwór, który z pewnych gatunków węgla otrzymać można, t. zw. koks.



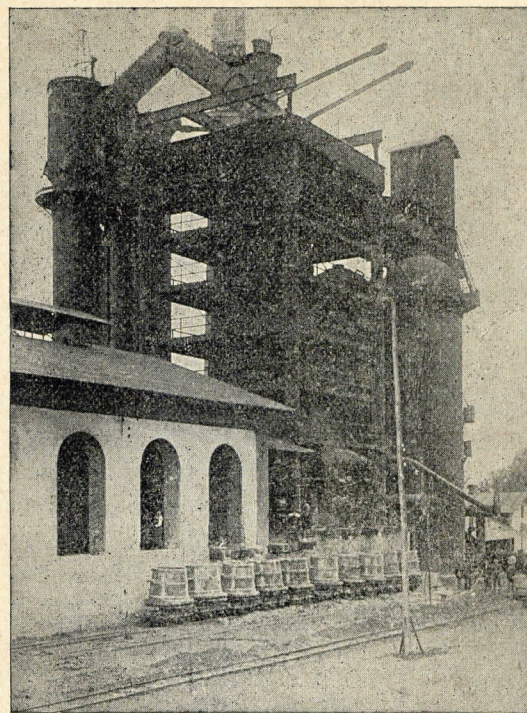
Rys. 107. Wnętrze wielkiego pieca.

szerszemi podstawami; niższy stożek przechodzi u dołu w słup walcowaty, ustawiony na trzonie czyli podstawie całego pieca (rys. 107). Piec zbudowany jest z cegły, wypalanej z najlepszej gliny ogniotrwałej (trudno topliwej); materiał pieca musi opierać się przeciw działaniu wiel-

Tworzy się on z tych rodzajów węgla drogą prażenia w zamkniętych, to znaczy bez dostępu powietrza, zbiornikach. Koks posiada zalety, jakich pozbawiony jest zwykły węgiel, opiera się lepiej uciskowi warstw nad nim położonych i przepuszcza łatwiej gazy, biegnące z warstw niższych.

Właściwy przyrząd, w którym z pomocą koksu ruda zostaje odtleniona, a żelazo z niej powstałe stopione, nosi nazwę wielkiego pieca. Piec ten ma znaczną wysokość, średnio 20 — 25 metrów. Wnętrze pieca tworzą jakby dwa pnie stożkowe, złożone swemi

kiego żaru, wpływom chemicznym, oraz potężnemu uciskowi olbrzymiego ciężaru. Piec ten opasują zwykle obręczami stalowymi. Puszczanie w ruch tego olbrzyma



Rys. 108. Wielki piec w Starachowicach.

zwykle trwa od 2 do 3 tygodni i polega z początku na bezustannem paleniu węgla, bądź koksu, na rusztach ustawionych w dolnej części pieca; sam piec odgrywa w czasie takiego podgrzewania rolę wielkiego kominu.

Gdy piec po pewnym czasie dostatecznie się roz-

grzeje, zaczynają go zapelniać warstwami koksu. Równocześnie, przez odpowiednie otwory, dysze A, znajdujące się w dolnej części pieca, wpędzają strumienie silnie ogrzanego powietrza, które podtrzymują energiczny proces palenia się koksu; teraz dodawać zaczynają stopniowo rudę i kamień wapienny jako topnik z koksem naprzemian. Gdy piec jest w normalnym biegu, to wrzucanie rudy z topnikiem oraz koksu odbywa się zwykle w odstępach półgodzinnych, a dokonywa się zawsze przez górny wylot pieca (patrz rys. 107). Wylot pieca albo gardziel jest stale zasłonięty, pokrywa usuwa się jedynie przy każdorazowym ładowaniu. Zauważmy jednak, że azot, będący w powietrzu wpędzonym do pieca, oraz powstające w piecu gazy muszą mieć wolny odpływ z pieca. Dlatego to tuż u górnego wylotu pieca znajdują się rury C (patrz rys. 107), odprowadzające owe gazy do odrębnych pieców-podgrzewaczy. W podgrzewaczach tych wspomniane gazy obiegają pomiędzy rozstawionymi umyślnie ceglami, niektóre z nich doreszty się spalają, a wszystkie zostawiają tu swe ciepło; gdy teraz przez podgrzewacz przepędzimy czyste powietrze, to zabierze ono ciepło od rozpalonych cegieł i tak ogrzane dostanie się przez dysze do wielkiego pieca. Zbierający się w dolnej części pieca B (w słupie) stopiony surowiec wypuszcza się co pewien czas (2 — 6 godzin) przez przebity chwilowo otwór zapomocą rynien i kanałów, wyrobionych w piasku, do odpowiednich form, znanych u nas najpowszechniej pod nazwą gęsi. Żużel, tworzący płynną warstwę nad surowcem, wypuszczają też w miarę nagromadzania się (patrz rys. 108). Piec wielki czynny jest bez przerwy od 4 do 6 lat, niekiedy do 10 lat; po takiej kampanji należy go poddać gruntownym poprawkom. Piec wielki wyobrażony jest na rys. 108. W części Górnego Śląska przyznanej Polsce w pięciu hutach żelaznych znajduje się 21 wielkich pieców.

RODZAJE ŻELAZA.

Surowiec, albo żelazo lane, otrzymywany z wielkiego pieca, zawiera, obok pewnych domieszek stale dość znaczną ilość węgla, do 10%, który wywiera najistotniejszy wpływ na właściwości surowca; dzięki tej zawartości węgla surowiec jest łatwo topliwy, twardy i kruchy. Główne zastosowanie surowiec znajduje jako materiał na odlewy, np. naczynia kuchenne, zlewy, rury kanalizacyjne, drzwiczki do pieców i t. p.

Żelazo miękkie albo *kowalne* otrzymuje się z surowca przez usunięcie domieszek a przede wszystkim węgla, którego zawartość wynosi tu zaledwie 1/2%. Przy ogrzewaniu mięknie, daje się więc wtedy łatwo młotem obrabiać. Żelazo kowalne można spawać, t. j. dwa kawałki, rozżarzone i zetknięte, uderzeniem młota złączyć w jeden. Tego rodzaju żelaza używają do wyrobu gwoździ, podków, zamków, okuć drzwi i okien, blachy i t. p.

Stal zawiera węgla od 0,5% do 1,5%, czyli więcej niż żelazo kowalne, lecz znacznie mniej niż surowiec. Stal topi się łatwiej niż żelazo kute, lecz trudniej niż surowiec. Ogrzana do czerwoności i szybko ostudzona przez zanurzenie do wody lub oliwy, stal nabiera szczególnej twardości i sprężystości; oziębiona zaś powoli stanie się miękka. Stal nadaje się do wyrobu narzędzi ostrych, sprężyn, resorów, magnesów i t. p.

K W A R C.

Nazwą kwarcu objęto grupę dość licznych minerałów, które posiadają niemal ten sam skład chemiczny mają znaczną twardość, opierają się działaniu kwasów, są bardzo trudno topliwe; różnią się zaś wzajemnie swym wyglądem zewnętrznym. Ważniejsze odmiany kwarcu są następujące:

KRYSZTAŁ GÓRNY.

Właściwą jego postacią krystaliczną jest sześcienny słup, zakończony ostrosłupem z jednej lub obu stron. Częściej jednak tworzy skupienia z setek kryształów, powstałe na wspólnej podstawie a przypominające szczotkę. Zwykle kryształy są bezbarwne i przezroczyste, podobne z wejrzenia, a zwłaszcza z połysku, do szkła, lecz bywają też ciemne, lub prawie czarne (kwarc zadymiony), miewają niekiedy barwę fioletową (ametyst), lub prawie białą (kwarc mleczny).

KWARC ZWYKŁY.

Stanowi on część składową licznych skał, np. granitu, występując tu w postaci ziarn nieprzezroczystych lub przeświecających. Jest twardszy od stali, to też ani nożyk ani pilnik nie mogą go naruszyć. Niekiedy tworzy kwarc bardzo twardą i mocną skałę, złożoną z drobnych ziarn krystalicznych, zwaną *kwarcytem*. W górach Świętokrzyskich, obficie lasami pokrytych, są miejsca pozbawione drzew, t. zw. gołoborza; polany te zawalone są rumowiskiem kwarcytu, który odłamuje się tu w postaci wielkich nieraz bloków od trzonu górskiego. W wydrążeniach tych odłamów spotykamy szczątki kryształu górnego, oraz kwarc mleczny.

Jak wspominaliśmy wyżej, kwarc należy do liczby minerałów, które wyróżniają się szczególną odpornością na działania fizyczne i chemiczne wody i powietrza; to też, gdy inne minerały (mika, skałen), które wraz z kwarcem wchodziły w skład takiej skały, jak np. granit, ulegają dość prędko zniszczeniu, a roztarte na proszek,

stają się częścią składową gleby urodzajnej, to kwarc zachowuje i poza swą skałą rodzimą wygląd zbliżony do pierwotnego. Spotykamy więc kwarc na każdym prawie kroku w postaci luźnych zaokrąglonych ziarn; stanowią one w większych skupieniach główną część składową piasku rzecznego, np. wiślanego.

KRZEMIEN.

Znajduje się on w postaci buł różnej wielkości w wapniaku, a także często w kredzie; gdy jest w stanie rozdrobnionym, to czyni zwyczajną kredę niezdatną do pisania. Krzemień jest kruchy i łupie się łatwo w ostre kawałki o powierzchniach wypukłych lub wklęsłych z połyskiem szklistym, przypominającym pewne muszelki; krzemień nie zdradza więc właściwej łupliwości, ma zato typowy przełam muszlowy. Barwę ma najczęściej szarą. Krzemień odgrywał kiedyś bardzo ważną rolę w życiu człowieka. Człowiek pierwotny, nim poznał bronz i żelazo, wyrabiał narzędzia i broń przeważnie z krzemienia, gdyż ten obok twardości posiadał tę cenną zaletę łupania się w ostre krawędzie. Prawie już w naszych czasach używano krzemienia do wydobywania ognia zapomocą krzesiwa i hubki. Krzemień występuje u nas w wielu bardzo miejscach np. w okolicach Krakowa, o czym się wspomina w jednej z piosenek tamtejszych: «od Krakowa jadę, krzemienista droga, nie uciekaj, dziewczę, bój się Pana Boga»...

Nazwa słynnego niegdyś ze swej uczelni Krzemieńca wskazuje również na obfitość w tej okolicy omawianego minerału.

WYRÓB SZKŁA.

Piasek rzeczny, który się składa w przeważnej części z ziarn kwarcu, stapiany z wapnem i sodą, tworzy

szkło. Materiały surowe, starannie zmielone, po dokładnem zważeniu zostają zmieszane; mieszanie przyprawy odbywa się w mniejszych fabrykach wprost łopatami na podłodze, w lepiej zaś urządzonych w bębnach, chroniących robotnika od pyłu. Następnie wsypuje się przyprawę na szkło do tygli szklarskich czyli *donic* z gliny ogniotrwalej.

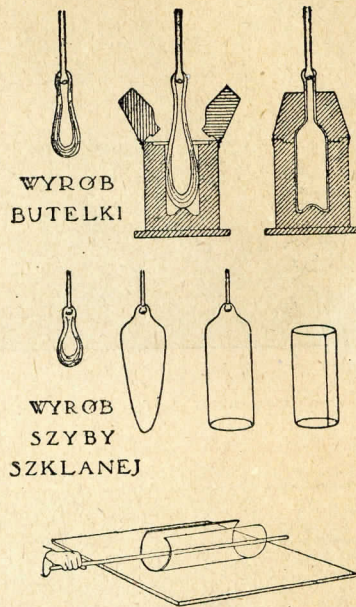


Rys. 109.

Tygle umieszczone są rzędem w *piecu hutniczym*, gdzie panuje bardzo wysoka temperatura. Nalożona przyprawa topi się i wydziela gazy, które powstają skutkiem rozkładu materiałów surowych; gazy te mieszają topiącą się masę. Ponad każdą donicą znajdują się otwory robocze, przez które wprowadza się materiał oraz wydobywa stopioną masę szklistą. Masę tę, po zakończeniu wydzielania się gazów, przerabia się następnie bądź przez wydy-

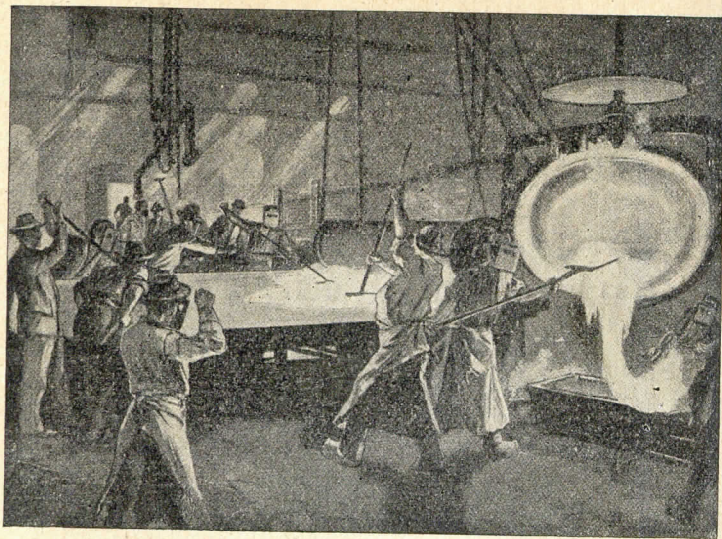
manie, jak to bywa najczęściej, bądź też przez odlewanie, np. dla płyt na zwierciadła lub szyby wystawowe, przez prasowanie i t. d.

Szkło *dęte*, t. j. flaszki, szklanki, dzbanki i t. p. otrzymuje się przez wydymanie zapomocą *cybucha*. Cybuch jest to rurka żelazna na 2—2 1/2 łokcia długa, w części oprawiona w drzewo; rurkę tę robotnik zanurza do masy szklanej, przez co część masy wydobywa, poczem, dmuchając w rurkę, masę wydyma (rys. 109). Dla nadania rozmaitych kształtów wyrobom używa się odpowiednich form składanych, których wewnątrz odpowiada zewnętrznej postaci naczynia i w których się odbywa wydymanie (rys. 110. 1). W ciągu jednej zmiany robotnik może wykonać do 300 butelek.



Rys. 110.

Duże balony, gąsiory wydymają odpowiednie maszyny. Szkło *taflowe* wyrabia się pospolicie przez dęcie; masie wydobytej z tygla robotnik nadaje najpierw postać gruszkowatą, następnie zapomocą odpowiedniej formy — walcowatą, teraz miękki jeszcze walec, po obcięciu obu końców, przecina się wzdłuż i zwolna rozwija w specjalnym piecu, na płycie z gliny ogniotrwalej (rys. 110. 2). Szkło *zwierciadłowe* otrzymuje się przez odlewanie: szkło



Rys. 111.



Rys. 112.

w stanie stopionym wylewa się na gładką płytę żelazną (rys. 111), a po rozżarzonej do czerwoności masie toczy się następnie wielki walec z łanego żelaza; ostateczną czynność stanowi szlifowanie. Rury szklane otrzymuje się przez szybkie wyciąganie miękkich jeszcze kul szklanych (rys. 112).

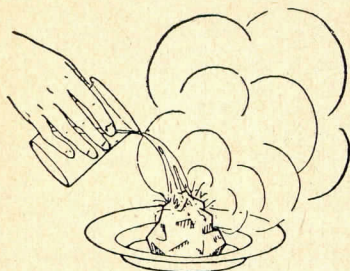
W A P I E Ń.

Wapienie należą do bardzo pospolitych, dobrze znanych i obficie występujących skał. Najważniejsze gatunki wapienia stanowią: wapień zwyczajny, kreda i marmur.

WAŻNIEJSZE WŁASNOŚCI WAPIENI.

Poddajemy kawałek wapienia, którąkolwiek z wymienionych wyżej odmian, działaniu rozcieńzonego kwasu solnego. Gdy kropla kwasu nań padnie, powstają w tem miejscu pęcherzyki; gdy nalać kwasu nieco więcej, to usłyszymy syczenie, pęcherzyki wyrrywają się z płynu i rozrywają go. Gaz, wypełniający te pęcherzyki, to znany nam dwutlenek węgla. Tenże gaz wypędzić można z wapienia przez silne prażenie; czynność tę wykonywa się w właściwych piecach, wapiennikach, do których przez górny otwór, jak i w piecu wielkim, wrzuca się na przemian węgiel i wapień. Przez takie prażenie dwutlenek węgla uchodzi przez górny otwór, u dołu zaś z pieca wydobywa się już nie wapień, a wapno palone. Gdy położymy na rozżarzonych węglach w piecu kawałek kredy i zamkniemy piec, to przekonamy się, wyjąwszy po godzinie naszą kredę, że będzie to już nie kreda lecz wapno palone. Gdy wylejemy parę kropel kwasu solnego na kawałek wapna palonego, to nie zauważymy już pęcherzyków gazu. Wapno palone łączy się bardzo chciwie z wodą. Kładziemy na talerzu lub misce porcelanowej kawałek

wapna palonego i lejemy nań ostrożnie wodę: masa się burzy, rozgrzewa, wreszcie woda gotuje się, jakgdyby padała na rozpalone węgle, a nad wszystkim kłębi się pył wodny. Po pewnym czasie szum ustaje, masa stygnie, czynność gaszenia albo lasowania wapna skończona (rys. 113). Przy stawianiu murowanych domów często widzieć można, jak lasują wapno. Wapno gaszone, zarobione z większą ilością wody, tworzy mleko wapienne; mleka wapiennego używają do bielenia ścian, a także jako środka odkażającego po miastach i miasteczkach. Mieszanina wapna



Rys. 113.

gaszonego, piasku i wody tworzy zwykłą zaprawę murarską, używaną do łączenia cegieł i kamieni. Zaprawa ta tężeje po jakimś czasie, w miarę jak tworzy się związek chemiczny wapna i krzemionki, będącej głównym składnikiem piasku w zaprawie, a także związku wapna i dwutlenku węgla, przenikającego z powietrza do zaprawy. To drugie zjawisko prowadzi znowu do wapienia, a sprawdzić to możemy, polewając kawałek muru rozcieńczonym kwasem solnym; zauważymy wydzielanie się pęcherzyków dwutlenku węgla, jak z pierwotnego wapienia.

Znamienną właściwością wapieni jest to, że rozpuszczają się one w wodzie, zawierającej dwutlenek węgla. Porównajmy w tym celu zachowanie się odrobiny kredy w próbówce z wodą czystą i w innej z wodą sodową.

Gdy drugą próbówkę po rozpuszczeniu się kredy ogrzejemy zlekka celem wydalenia stąd dwutlenku węgla, to kreda znów się wydzieli; część jej przytem utworzy cienką błonkę na cieczy, część opadnie na dno, reszta zaś pozostanie w zawieszeniu w cieczy. Już mechaniczne wstrząsanie usuwa z roztworów takich dwutlenek węgla, którego w części zastępuje wówczas powietrze zwykłe.

POWSTAWANIE SKAŁ WAPIENNYCH.

Często już prosta obserwacja wapieni zwyczajnych okiem nieuzbrojonym, a u kredy przy silnem powiększeniu, przekonywa, że utwory te powstały na dnie morza przy udziale pewnych organizmów żyjących, np. ślimaków, których muszelki widoczne są nieraz w wapieniu. Najczynniejszymi jednak w wytwarzaniu wapienia są drobniotki istoty o bardzo pierwotnej budowie, zwane otwornicami. Są to jakby kawałki żyjącej galaretowatej materji, zwanej zarodnią, pokrytej pięknymi skorupkami wapiennymi. Miljardy tych otwornic żyją w wodzie morskiej, po śmierci zaś skorupki ich spadają na dno jak płatki śniegu; jest to jakby powolna śnieżycą, trwająca bez przerwy od początku życia na ziemi. Powstałe w ten sposób pokłady na dnie morza kiedyś, bardzo dawno, pod olbrzymim naporem tajemniczych sił wnętrza ziemi zostały wyniesione nad poziom morza i zamieniły się na ląd stały, tworząc tu i owdzie pasma gór wapiennych.

Tworzenie się grot.

Wszędzie tam, gdzie skałę wapienną pokrywa gruba warstwa ziemi rodzajnej, w której rozwinęła się obfita roślinność, wapień pozostaje pod działaniem niewidzialnem, a bardzo znacznem. Woda deszczowa, przechodząc

przez glebę, rozpuszcza w sobie dwutlenek węgla, który w glebie powstaje z gniących szczątków roślinnych.

Skala wapienna, do której wodny roztwór dwutlenku węgla wreszcie się przesączy, nie może się oprzeć jego działaniu, zaczyna się powolne nagryzanie i rozpuszczanie skały, a powstający roztwór wpada do napotykanym po drodze szczelin. Na tej podziemnej drodze woda z biegiem czasu rozszerza swe łóżysko, a więc powiększa szczeliny. W niektórych miejscach rozszerzanie to odbywa się w sposób tak gwałtowny, że powstają tam wielkie próżnie, powszechnie znane jaskinie wapienne. Gdy potok podziemny, wyłobiwszy gdzieś podobną pieczarę, opuści swe dawne koryto i nową sobie drogę przebiją, to jaskinia czasem osuszyć się może.

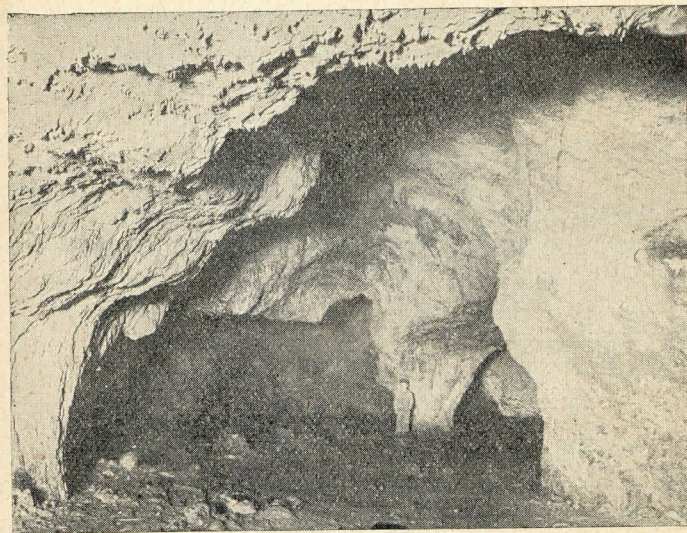
NACIEKI W GROTACH.

U stropu grot, powstałych w skałach wapiennych, często widzimy fantastyczne nacieki, to zwieszające się w postaci faldzistej zasłony, to znów mające podobieństwo do sopli lodu, jakie tworzą się na brzegach dachów naszych domów. Nacieki, które jaskiniom nadają tyle czarodziejskiego uroku, tworzyły się w sposób następujący. Woda deszczowa, minawszy pokrycie pieczary, sphywala szczelinami w skałę, rozpuszczała materiał skały, a zjawiawszy się u stropu, straciła dwutlenek węgla; po tej stracie utrzymać wapienia w roztworze już nie mogła, i wówczas to wyzwolony wapien osadzać się poczał nokoło otworu w postaci pierścienia, a później, w miarę jak plyn coraz niżej ściekał, w postaci sopla. Tymczasem woda, sphywająca na dno jaskini, zostawia również nieco wapienia tam, gdzie upadnie. Wprawdzie to, co kropla wody przynosi ze sobą, jest ilością bardzo nikłą, lecz w ciągu wielu tysiącoleci jedna perła wodna spada za drugą w toż samo miejsce tak, że wkońcu tworzą się

z nich olbrzymie słupy, narastające albo od stropu ku dołowi (stalaktyty), albo od posadzki ku górze (stalagmity). Niekiedy górne sopie i dolne słupy spotykają się ze sobą i tworzą smukłe kolumny, łączące sklepienie jaskini z jej posadzką.

GROTY W POLSCE.

W kraju naszym spotykamy groty w wielu okolicach. Jest ich kilka w pobliżu Krakowa, wśród nich Smo-



Rys. 114. Grota Łokietka w Ojcowie.

cza Jama pod Wawelem. Są też groty w Olsztynie niedaleko Częstochowy. Ale najgodniejsze uwagi są groty Ojcowa w dolinie Prądnika (rys. 114). Jaskinie te były w przeszłości siedliskiem wielu pokoleń zwierząt drapieżnych, gdyż dziś w namulisku, stanowiącem dno pieczary ojcowskich, znajdujemy wielkie masy kości tych istot, pomieszane ze szczątkami ich ofiar, które jako zdobycz zawleczone zostały do tych kryjówek przez ich drapieżnych

mieszkańców. W jaskiniach owych osiedlał się później człowiek pierwotny, po którym znajdujemy dziś narzędzia i broń, wyrobione z krzemienia. O te kryjówki toczyły się kiedyś śmiertelne walki między człowiekiem a ówczesnymi drapieżcami: lwem jaskiniowym, wielką hieną i olbrzymim niedźwiedziem. Gdy wybieramy ostrożnie a umiejętnie kolejne warstwy tego mułu z dna jaskini, to stwierdzamy, że zajmowali ją naprzemian różni mieszkańcy; to człowiek wypierał z niej hienę lub niedźwiedzia, to znowu sam ich przemocy ulegał. To też zabytki te, odkryte w jaskiniach ojcowskich, a tak wiele mówiące nam o przeszłości człowieka, stanowią ogromnie cenny materiał dla nauki.

SKAŁY WAPIENNE W POLSCE.

Wapień zwyczajny znajduje się w wielu miejscach naszego kraju: w skalistym pasmie, ciągnącym się od Krakowa do Częstochowy, biały wapień, w okręgu krakowskim czarny i szary wapień; również w Pieninach i Tatrach biały wapień, dalej w ziemi kieleckiej, radomskiej i lubelskiej. Ładniejsze odmiany wapienia z gór Świętokrzyskich, t. zw. marmury kieleckie i checińskie, używa się na różne wyroby rzeźbiarskie. Niektóre z naszych wapieni stanowią dobry materiał budowlany. Większość tych wapieni używa się do wypalania wapna.

W pobliżu Chelma w Lubelskiem znajdują się pokłady czystej kredy pisarskiej.

SKAŁY OSADOWE.

Kto z pewną uwagą przyglądał się skałom w naturze, zauważył na pewno, że niektóre z nich są tak ułożone, że cała ich masa podzielona jest równoległymi szczylinami na rozległe ławice lub warstwy. *Uławicenie* jest cechą znaną wszystkim skał, powstałych na drodze

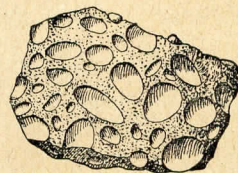
wodnej, podobnie jak sól lub wapień; oznacza ono następujące po sobie pokłady materiałów osadzonych z wody. Na utworzenie skał, powstałych z morskich osadów, złożyły się materiały rozmaitego pochodzenia, a więc 1-o *mechanicznego* — jak żwir, piasek i szlam gliniasty, dostarczane przez rzeki, 2-o *chemicznego* — jak sól i gips, które z roztworów naturalnych krystalizowały i opadały na dno morza, wreszcie 3-o *organicznego* — a więc niepozorne roślinki mokradel torfowych, czy też drzewa, które, upadłszy, zbutwiały i tak po wielu tysiącoleciach zamieniły się na węgiel, czy wkońcu szczątki otwornice, ślimaków lub koralu, co potem wapieniem się stały.

O węglu pomówimy później. Tu zatrzymamy się jeszcze nad skałami, powstałymi z osadów mechanicznych; są to tak zwane *skały okruchowe*, utworzyły się bowiem z okruchów skalnych, z których powstały żwir, piasek lub glina. Do liczby takich utworów należą też zlepieniec i piaskowiec.

ZLEPIENIEC.

Rzeka, która w górach płynie rączo, porywa tam często dużo kamieni, na równinach wszakże płynie leniwie, przenosić więc może najwyżej żwir drobny, bliżej ujścia już tylko piasek, a wkońcu drobnutki muł i il

Rzeki więc znoszą do oceanów głównie il gliniasty, a tylko mniejsze potoki, wpadające do morza z pobliskich okolic górzystych, wrzucają doń i większe kamyki — otoczaki. Wzburzone fale morskie, uderzając o brzegi, kruszą skałę nadbrzeżną i mogą dostarczyć morzu tych samych materiałów, co i rzeki. Otoczaki nie mogą być odrzucone zbyt daleko od brzegu; w pobliżu miejsca, w któ-



Rys. 115. Zlepieniec.

rem wpadają do morza, tworzą się lawice żwirowe, a z nich powstają następnie zlepienie. Na okazach zlepieńca (rys. 115) widzimy, że kawałki żwiru są połączone rodzajem cementu, złożonego z piasku, gliny i wapniaka, i w ten sposób powstaje twarda masa.

Zlepienie występują u nas w okolicach Chęcin. Są one tak twarde, że dają się polerować i wówczas używają się na ozdoby architektoniczne, oraz wyroby galanteryjne — narówni z t. z. marmurami kieleckimi.

Jedną z piękniejszych odmian zlepieńca jest tam tak zwana skała Zygmunowska.

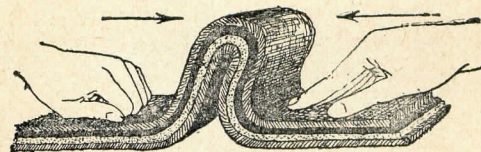
PIASKOWIEC.

Podobnie jak z otoczków tworzy się w pewnych warunkach zlepienie, tak z piasku powstać może piaskowiec, który stosownie do zlepu, spajającego oddzielne ziarenka, nazywamy gliniastym, wapnistym, niekiedy zaś kwarcytem. Piaskowce należą do skał bardzo pospolitych. Znaczna część Karpat składa się z piaskowców. Ważniejsze łomy piaskowca znajdują się na wyżynie Kielecko-Sandomierskiej, a mianowicie koło Zagnańska pod Kielcami oraz koło Szydłowca i Kunowa w ziemi Radomskiej. Niektóre piaskowce stanowią doskonały materiał budowlany, inne służą do wyrobu kamieni młyńskich, na oselki do ostrzenia i t. p.

SKAŁY OGNIOWE.

Gdybyśmy mogli przebić w głąb wszystkie leżące jedna na drugiej warstwy skał osadowych, natrafilibyśmy pod ziemią na skały bez śladów uwarstwienia. Ta droga jest wszakże niezawsze możliwa, a nawet zbyt trudna, skały te bowiem napotykamy też u powierzchni ziemi, dokąd zostały wyniesione działaniem wewnętrznych sił górotwórczych, lub odkryte zostały tam, gdzie woda zdarła ich osłonę. Cóż to są te siły górotwórcze?

Posiadamy liczne dowody, że ziemia jest w swoich głębiach gorąca; o wysokości panującej tam temperatury możemy mieć przybliżone wyobrażenie z lawy, która przez otwór (krater) w zięjących górach (wulkanach) w stanie stopionym wypływa na powierzchnię. Naturalnem następstwem istnienia tego żaru wewnętrznego jest to, że ziemia musi stygnąć (patrz str. 172), a jej wewnątrz silniej się przytem kurczy, aniżeli zastygła już twarda skorupa; to jądro wewnętrzne musi się zatem od tej skorupy ze wszystkich stron swych odsunąć. Skorupa tworzy wówczas rodzaj sklepienia, pozbawionego pierwotnej podstawy, tak przynajmniej przypuszczają niektórzy uczeni. Skutkiem własnego ciężaru



Rys. 116.

poszczególne części owej skorupy zbliżyć się usiłują do środka ziemi, opasać więc chcą płynne jeszcze wewnątrz ziemi węższym, ciaśniejszym pierścieniem, a przez to muszą silnie cisnąć wzajem na siebie. Tak powstają, zdaniem owych uczonych, boczne ciśnienia w skorupie ziemskiej. Lecz coż sprawić może podobne boczne ciśnienie? Aby to zrozumieć, ułóżmy na stole kawałki kolorowego sukna jedno na drugim, lub kilka warstewek plastycznej gliny, i pociśnijmy je z boku; to boczne ciśnienie, z obu stron sprawione, wywoła pofałdowanie się warstw (rys. 116). W podobny sposób powstać mogą olbrzymie fałdy gór. Wypiętrzeniu się jednych części skorupy ziemskiej musi jednak towarzyszyć osunięcie i zapadnięcie się innych jej części; boć przecież przez usunięcie się jakiegoś

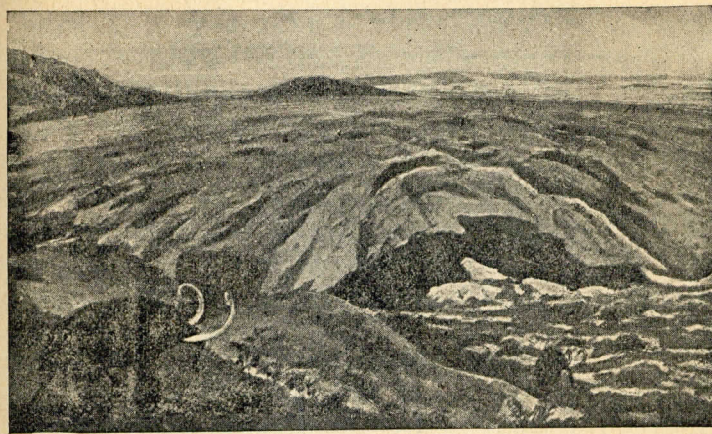
ogniwa ku górze w postaci fałdy w samym pierścieniu stanie się luźniej, ciśnienie boczne osłabnie, a wtedy to i owo ogniwo, nie podtrzymywane już dostatecznie przez sąsiednie, zbliży się do środka ziemi pod działaniem ciężaru, a nad sobą utworzy zapadlinę.

Podobne sfaldowanie się oraz zapadnięcie, powstające w skorupie ziemskiej, odczuwane bywa jako mniej lub więcej silne trzęsienie ziemi. Jeżeli warstwy skał osadowych, pokrywających fałdę, z biegiem czasu zostaną bądź przez wodę, bądź też inaczej usunięte, to obnaży się wtedy trzon ziemskiej skorupy, utworzony ze starych skał, dokoła którego wszystko co młodsze zniknęło. Tak sterczą dziś szczyty Tatr oraz wierzchołki gór Świętokrzyskich. Te skały pierwotne, będące zakrzepłą dawno skorupą ziemską, nazywamy ogniwami. Jako przykład takich skał, niech nam posłuży granit, który w postaci polnych kamieni spotykamy na naszych polach, a jako brukowiec, na ulicach miasta.

GRANIT.

Przypatrzmy się zbliska kawałkowi rozbitego brukowca. Na pierwszy rzut oka wydaje się on cały czerwony, gdyż czerwonej barwy jest w nim istotnie najwięcej. Nie jest on wewnątrz gładki, lecz składa się z osobnych ziarn różnej barwy, a przeważają ziarna o barwie czerwonej. Obróćmy kawałek brukowca ku światłu i poruszajmy nim w różne strony; spostrzeżemy, że niektóre miejsca mają silniejszy, inne słabszy połysk, przyczem miejsca o silniejszym połysku są czarne, o słabszym czerwone. Spróbujmy też końcem czystej stalówki lub scyzoryka skrobać ziarna brukowca, zauważymy, że łatwo rysować się dadzą ziarna czarne; można je nawet niekiedy rysować paznokciem. Gdy je skrobiemy stalówką, odlupują się małe, cienkie blaszki czarne. Czerwone i białe, a raczej bezbarwne ziarna granitu rysują szkło, czerwonego nie

rysują. Największa więc twardość cechuje ziarna bezbarwne, najmniejsza czarne. Skała, której część tworzył niegdyś nasz brukowiec, nazywa się granitem, a trzy składające się nań minerały noszą nazwy: kwarc (bezbarwny), skaień (czerwony) i mika albo łyszczyk (czarny). Tak więc kwarc, skaień i łyszczyk zaliczyć musimy do minerałów skalotwórczych. Szukając wśród rozbitych brukowców, znaleźć można łatwo kamienie szare albo prawie



Rys. 117. Krajobraz z okresu lodowcowego.

białe z czarnymi ziarnami. Znowu zauważymy kwarc i łyszczyk, ostatni niekiedy w postaci jasnych blaszek; w miejscie czerwonego skalenia dostrzeżemy minerał szarawy, będący odmianą skalenia. Winniśmy też wykonać próbę lupania skalenia, zarówno czerwonego, jak szarego, a stwierdzimy, że przy lupaniu powstają gładkie, błyszczące ściany.

Lecz skąd, zapyta ktoś, wzięły się na naszych polach takie głązy, będące odlamami owych pierwotnych skał ogniwowych? Kształty ich zaokrąglone i wygładzone świadczą o długiej wędrówce. Trudno przypuścić, by z nurtem

rzek przybyć mogły, zbyt nikłą wydaje się ta siła wobec glazów, które w innych krajach bywają tak wielkie jak domy, a co ważniejsza, znajdują się na zboczach gór na znacznej nieraz wysokości. O pochodzeniu tych błędnych albo narzutowych glazów uczeni mniemają, że kiedyś, przed tysiącami lat, kraje, jak nasz, położone w północnej części Europy, pokrywał olbrzymi płaszcz lodowy. Te masy lodu zsuwały się powoli od strony Skandynawji i Finlandji, wlokąc pod sobą odłamy skał tamtejszych okolic.

Pewne pojęcie o tem, jak wyglądał kraj nasz w owych odległych czasach lodowców, daje nam rysunek 117; z lewej strony u dołu na obrazku widoczny jest zaginiony dziś olbrzym owych czasów — *mamut*.

D. WĘGIEL.

WĘGIEL JAKO SKŁADNIK MATERJI ORGANICZNEJ.

Zastanawialiśmy się już kiedyś nad procesem, który niezależnie od woli naszej nieprzerwanie w nas zachodzi we dnie i w nocy i który dla istnienia naszego jest konieczny. Oddychanie, które mamy właśnie na myśli, doprowadza nieustannie niezbędny dopływ świeżego powietrza do płuc. Przekonaaliśmy się wówczas, że wydychane przez nas powietrze zawiera dwutlenek węgla, nie różniący się przecież od gazu, który się tworzy przy paleniu węgla w tlenie. Organizm nasz musi więc zawierać węgiel, który przy oddychaniu zamienia się na dwutlenek węgla; oczywiście w ciele naszym węgiel znajduje się nie w stanie wolnym, pierwiastkowym, jako czarna masa, lecz w postaci związków z innymi pierwiastkami, głównie z wodorem, tlenem oraz z azotem. Wytwarzanie takich związków umożliwiamy organizmowi, dostarczając mu odpowiednich pokarmów roślinnego, lub zwierzęcego pocho-

dzenia, stanowiących tak zwaną materję organiczną. W szeregu następujących prób przekonamy się z łatwością, że węgiel jest istotnie składnikiem materji organicznej.

Ogrzewamy kolejno cukier, skórę lub papier w tygielku porcelanowym nad lampką spirytusową; w każdym wypadku zauważymy szernienie masy, świadczące o uwolnieniu się węgla, który, będąc poprzednio w stanie związanym, nie zdradzał swej obecności. Możemy też z cukrem wykonać i taką próbę: przygotujemy syrop, ogrzewając w zlewce 10 gr. cukru z 6 gr. wody, poczem wlejmy do zlewki na syrop 20 gr. stężonego kwasu siarkowego. Po chwili widzimy czernienie masy, zwęglenie cukru, a właściwie uwolnienie węgla z cukru. Cukier jest pokarmem o barwie białej i z wyglądu nie można się było domysleć obecności w nim węgla.

Jako przykład materji organicznej przytoczymy jeszcze drzewo, które tak łatwo okazuje zawarty w niem węgiel, gdy je palimy. Gdy drzewo prażymy przy bardzo nieznacznym dostępie powietrza, to się zwęgla i daje t. z. węgiel drzewny oraz smołę.

KRĄŻENIE WĘGLA W PRZYRODZIE.

Zastanówmy się, jak zdumiewająco olbrzymie masy dwutlenku węgla powstają w zjawiskach palenia się i choćby tylko oddychania. Człowiek dorosły wytwarza na dobę około kilograma tego gazu; a więc ludność samej tylko np. Warszawy dostarcza powietrzu więcej niż pół miliona kilogramów dwutlenku węgla. A przecież do dwutlenku węgla, który ludzie i zwierzęta wydychają, dołącza się także gaz, powstający przy paleniu w piecach, z płomieni świec, nafty i gazu, jak również dwutlenek węgla, wywiązujący się w różnorodnych zjawiskach gnicia i rozkładu szczątków roślinnych i zwierzęcych. Czyż nie może na-

sunąć się wobec tego wszystkiego przypuszczenie, że z biegiem czasu skład powietrza powinien się zmieniać: ubożać ono musi w tlen, a wzbogacać się w dwutlenek węgla. Badania uczonych nie potwierdzają tego. Powietrze, otaczające kulę ziemską, czyli powietrze atmosferyczne, posiada wszędzie prawie ten sam skład, a skład ten nie ulega znacniejszym zmianom od niepamiętnych czasów. Musi więc istnieć jakaś przyczyna, która usuwa z atmosfery dwutlenek węgla, wytworzony przez ludzi, zwierzęta i najrozmaitsze procesy palenia. Odpowiedź znajdziemy, badając rozwój rośliny. W zielonych częściach roślin i tylko na świetle, a więc przy koniecznym udziale promieni słonecznych, niby w tajemniczej pracowni, dwutlenek węgla, pobrany przez roślinę z powietrza ulega rozkładowi: tlen zwrócony zostaje atmosferze, gdy węgiel zużyje roślina do budowy swego organizmu. Proces ten, zwany przyswajaniem albo asymilacją dwutlenku węgla, przeważa znacznie u rośliny w ciągu dnia nad jej oddychaniem, które jest właściwe wszystkim istotom żywym; z nastaniem ciemności proces przyswajania zanika, i wtedy roślina tylko oddycha. Rośliny pobierają swój pokarm w przeważającej mierze z powietrza. Z ziemi, w której się korzenia, pochodzi tylko nieznaczna ilość popiołu, pozostającego po spaleniu rośliny. Właśnie dwutlenek węgla składa się przedewszystkiem na rozwój naszych lasów oraz na zbiory z naszych pól. A gdy u nas ziemię śnieg i lód okryje, to przecież są kraje, gdzie wtedy zielenią się i kwitną drzewa i kwiaty, a wiatry pośredniczą w wyrównywaniu pozostałych różnic. Czyż więc nie nadzwyczajne jest to, że ten produkt oddychania, tak szkodliwy dla nas, jest źródłem życia dla świata roślin; świat roślin jest potężnym regulatorem, któremu jakgdyby przypadło zadanie utrzymania niezmiennego składu powietrza. Cała przyroda zdaje się być objęta nakazem wzajemnego do-

221
pomagania sobie i współdziałania celem utrzymania cennej zgody i harmonji.

POWSTAWANIE POKŁADÓW WĘGLA.

Kiedy drzewa, gałęzie lub liście, obumierając, padają na ziemię, to ulegają rozkładowi i przemieniają się powoli na to samo, na co je, paląc, szybko przetwarzamy: zwracają one swój węgiel powietrzu w postaci dwutlenku węgla. To też w lasach, rosnących na suchym gruncie, nie może się nagromadzić jakiegoś grubszego podściełisko ze szczątków roślinnych. Inaczej wszakże przebiega rozkład obumarłych roślin w wilgotnych obszarach bagnisk. Taflę wodną moczarów pokrywa gęsty kobierzec z mchów, traw i sitowia, które gnijąc, tworzą z biegiem czasu ruchomy sztuczny grunt, choć niebezpieczny dla przebycia, lecz żyzny. Na takim trzęsawisku wybijać mogą olbrzymie lasy: drzewa tu, padając, przerywają zdradliwy kobierzec i dostają się pod zwierciadło wody. Od tej chwili materja drzewa rozkłada się, lecz pozbawiona dostępu powietrza, ulega szczególnemu procesowi: traci mianowicie inne składniki łatwiej, niż węgiel, przez co stosunkowa zawartość węgla wzrasta, materja się zwęgla.

W bardzo odległych czasach, może przed wielu milionami lat, zapewne był klimat daleko bardziej sprzyjający bujnemu rozwojowi drzew, lecz lasy ówczesne, podobnie jak i dzisiejsze, zrzadka tylko spotykały warunki niezbędne do tego, ażeby martwe drzewa ulegały zwęgleniu, a nie zwyklemu gniciu i próchnieniu, co przecież usunęłoby bez śladu szczątki roślinne, zamieniając je na gazy, jak para wodna i dwutlenek węgla. Takie szczególne warunki przedstawiały np. płytkie jeziora, szerokie doliny rzeczne lub niziny pomorskie. Z pośród drzew, które w tych miejscach bujnie wówczas rosły, zasługują na uwagę wielkie paprocie drzewiaste, oraz olbrzymie widłaki

222

i skrzypy (rys. 118); ich to szczątki przykryte następnie warstwami gliny i piasku, morzem zalane i pogrzebane pod jego wapiennymi osadami, przyczyniły się głównie do wytworzenia pokładów węglowych.

W węglu pochodzenia nowszego zachowała się tu i owdzie znaczna część materji roślinnej oraz dość wyraźna tkanka drzewna; ten rodzaj węgla nazywamy *lignitem* albo *węgłem brunatnym*.



Rys. 118.

POKLADY WĘGLA W POLSCE I JEGO DOBYWANIE GÓRNICZE.

Z osobnego wreszcie rodzaju roślinności wytwarza się *torf*; składa się nań roślina zwana mchem torfowym.

Pokłady węgla kamiennego leżą w głębi ziemi, poprzedzielane warstwami piaskowca lub innej skały, i zajmują niekiedy znaczne przestrzenie, które nazywamy zagłębiami węglowem. Dla nas najważniejsze jest zagłębienie Śląsko-Polskie, położone między górnym biegiem

223

Wisły i Odry; część tego zagłębienia w granicach dawnego Królestwa Kongresowego nosi nazwę zagłębienia Dąbrowskiego, tu leży bowiem Dąbrowa Górnicza.

Górnictwo węglowe w Polsce rozpoczęto za czasów Stanisława Augusta, dotąd bowiem obfite lasy dostarczały taniego paliwa. Pierwszą większą kopalnię założono w r. 1796 w Dąbrowie za rządów pruskich i nazwano «Reden» (hr. Reden był pruskim dyrektorem górnictwa). Z chwilą utworzenia Księstwa Warszawskiego (1807), a następnie Królestwa Kongresowego (1815), zaczął się dźwigać przemysł pod kierunkiem takich obywateli, jak Staszyc i Lubecki.

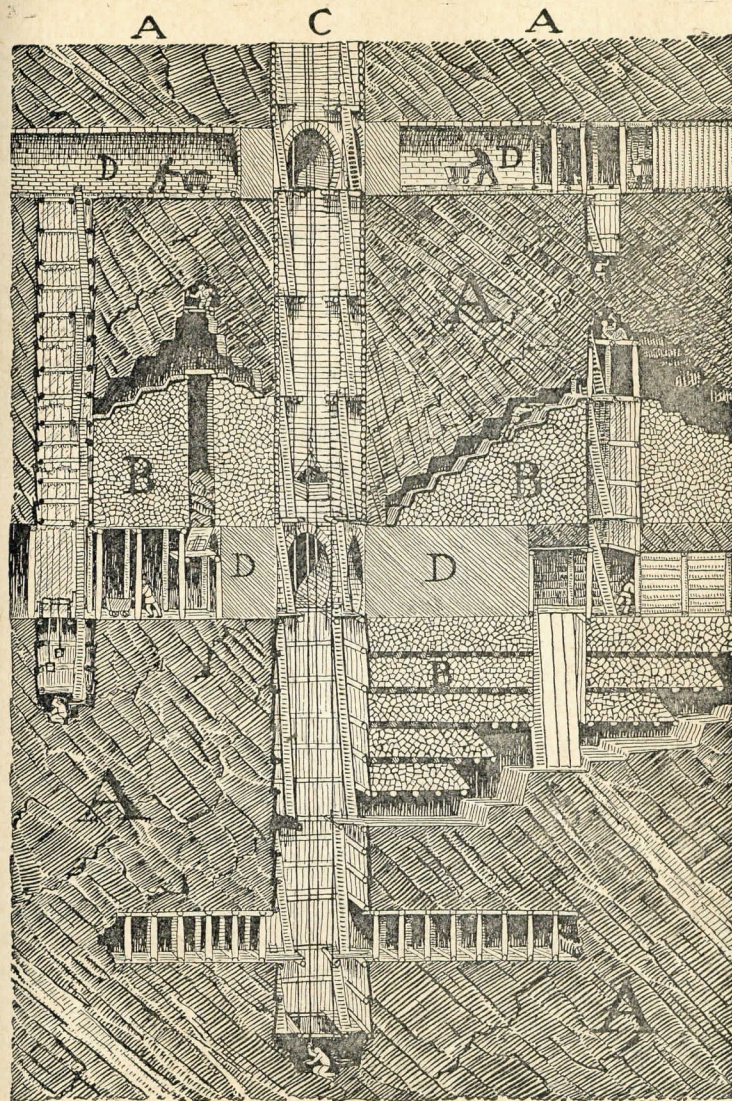
Rok 1870 stanowi chwilę ważną dla przemysłu węglowego u nas, w tym bowiem roku wydano nowe prawo górnicze, które oddzieliło własność powierzchni ziemi od własności wnętrza, pozwalając na wydobywanie węgla (jak również żelaza, ołowiu i cynku) na cudzej ziemi za pewnem odszkodowaniem. Prawo to wywołało znaczny przypływ kapitałów, zwłaszcza zagranicznych, i powołało do życia szereg nowych kopalń.

W r. 1926 produkcja węgla w Polsce wyniosła 36 milionów tonn, w czem: wojew. śląskie 27 m., wojew. kieleckie — 7 m. i wojew. krakowskie 2 m. Nasze zagłębienie dostarcza tylko 1½ miliona tonn takiego węgla, który na koks można zamienić. Bogate złoża takiego węgla znajdują się poza granicami Polski: w Karwinie i Ostrawie.

Gdy pokład węgla znajduje się blisko powierzchni ziemi, to wydobywanie odbywa się drogą odkrywką, t. j. przez odsłonięcie złoża; z takiej odkrywki głębszych warstw węgla wydobyć wszakże nie można, najniżej do 15 metrów, gdy zbocza groziłyby zawaleniem. Na obszarze Zagłębia spotykamy dość często takie porzucone odkrywki. Poszukiwanie węgla w głębszych warstwach dokonuje się przez wiercenie otworów w głąb z pomocą rozmaitych świderów; muszą to być nieraz bardzo twarde

narzędzia, by się nie zniszczyły podczas przebijania napotykaných skał. Używają tu niekiedy np. świdra diamentowego. Diament to minerał, będący odmianą najczystszego węgla, a wyróżnia się najwyższą wśród wszystkich ciał twardością. Świder wiertniczy ma kilka takich diamentów, osadzonych na dolnej powierzchni wieńca stalowego. Przez obrót takiego świdra przebija się łatwo i bardzo twardą skałę.

Gdy więc przez takie próbne wiercenia, sięgające w głąb niekiedy ponad 2 kilometry (w Paruszewicach na Górnym Śląsku), stwierdzone zostanie, że złożę węgla przypada w znacznej głębokości, wtedy dociera się doń przez szyby, oraz chodniki i sztolnie (rys. 119). Sztolnie w naszych kopalniach olkuskich służą głównie do osuszania. Wybijanie szybu dokonywa się najczęściej przez rozsadzanie materiałami wybuchowymi; szyb zostaje następnie obmurowany, lub żelazem oprawiony (C). Chodniki (D) są to rozległe kurytarze poziome, przebite na różnych niby piętrach; są one obmurowane celem zabezpieczenia od ucisku skał otaczających. Warstwy węgla (A) nie leżą poziomo, lecz pochyło, to też, w miarę jak górnicy wybierają spodnią część takiej warstwy, powstaje droga pochyła, czyli pochylnia, po której wylamywany węgiel dostaje się do odpowiedniego chodnika. Stąd wózki, ciągnięte przez ludzi lub konie, podwożą go do szybu wyciągowego, przez który w klatce, poruszanej maszynami ku górze, odstawiony zostaje do nadszybia czyli na powierzchnię ziemi. Bywają szyby zapasowe, w których ustawiona do dna drabina służy do wyjścia z kopalni w razie grożącego niebezpieczeństwa. Odrębny szyb, zwany przewiewnym, wyprowadza z pomocą wentylatora zużyte powietrze z kopalni, nadmierne zaś przeciągi w chodnikach tamują ustawione w odpowiednich odstępach wrota. Podobnie jak w kopalniach soli puste przestrzenie, pozo-



stające po wydobyciu węgla, zapelniają podsadzką, t. j. najczęściej piaskiem lub gruzem (B).

Praca górnika w kopalni jest i ciężka, i pełna niebezpieczeństw. Do wnętrza komór i chodników przesącza się nieustannie woda, z którą pompy walczyć muszą bez przerwy. Wrogiem kopalni jest też ogień: unoszący się w powietrzu pył węglowy od iskiejki wybuchnąć może, dlatego to są w użyciu odrębne lampki górnicze. Źle podparte sklepienie runąć może i żywcem górnika zagrzebie tam znów przy rozsadzaniu skały odłam zmiażdżyć go może, lub wyjście zagrozić, skazując na śmierć niechybną.

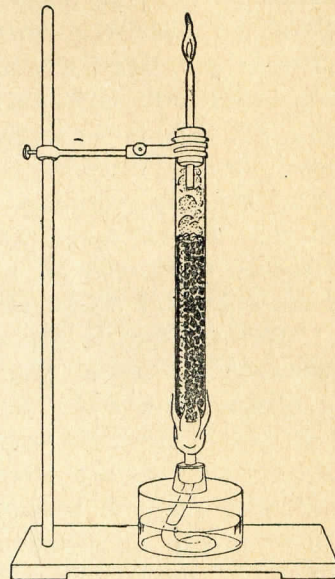
Ta ciągła niepewność życia wyraża się też w jednej z piosenek górniczych: «Kopalnie, kopalnie — to nasze palace, niejedna panienka rzewliwie zapłaczę, rzewliwie zapłaczę i tęskno zaśpiewa, bo się w każdej chwili nie-szczęścia spodziewa».

Kopalnie węglowe — to nasz skarbiec prawdziwy, z niego praca górników, sztygarów i wiedza inżynierów wydobywa węgiel, co po kraju się rozejdzie, by wprawiać w ruch tysiące maszyn, pędzić ładowne pociągi, ogrzewać i oświetlać siedziby ludzkie.

KOKS I GAZ ŚWIETLNY.

Mimo rozległe zastosowania, wyżej przytoczone, węgiel kamienny z Zagłębia Dąbrowskiego nie może służyć do użytku hut i gazowni. Aby zrozumieć, jak można węgiel zużytkować poza zwykłym spalaniem, wykonajmy następującą próbę. Napelnijmy probówkę pokruszonym węglem kamiennym, zakorkujmy ją przedziurawionym korkiem i wstawmy w otwór korka rurkę szklaną. Jeżeli probówkę ogrzejemy teraz nad płomieniem lampki, to z rurki szklanej wydobędzie się gaz, który można zapalić (rys. 120). Gdybyśmy mogli wykonać dokładniej całą tę próbę, to okazałoby się, że węgiel kamienny, ogrzewany

bez dostępu powietrza, spalić się nie może, lecz wydaje szereg ciał, co świadczy, że nie jest materją prostą — pierwiastkiem (str. 141), lecz jest mieszaniną licznych składników. Zapamiętajmy, jakie to ciała przy podobnym rozpadzie węgla powstają: 1^o gaz palny, zwany świetl-
nym, 2^o gęsta ciemna masa — smoła i 3^o twarde, szare, gąbczaste ciało o metalicznym połysku — koks, z zawartością około 90% czystego węgla. Węgiel, dający dużo gazu, oraz koks nosi nazwę tłustego; zakłady gazowe wytworzą zeń gaz oświetlający, który rurami rozprawdzą po mieście, a koks oddadzą na użytek hut zwłaszcza żelaznych. Węgiel dąbrowski jest chudy, daje mało gazu, a zamiast koksu tworzy kruche kawałki, rozsypujące się na proszek.



Rys. 120.

Dlatego to nasze huty i gazownie produkcję swą oparły o koks i węgiel tłusty ze Śląska Cieszyńskiego oraz ze Śląska Opolskiego, na którym Polsce przypadła połowa węgla koksującego, wydobywanego przez kopalnie górnośląskie; huty Kongresówki sprowadzają koks z koksowni śląskich, zaś gazownie — węgiel koksujący.

ROPA NAFTOWA ALBO OLEJ SKALNY.
BENZYNA, NAFTA, OLEJE SMAROWE, WAZELINA I PARAFINA.

Benzyna jest cieczą bezbarwną, lotną, o swoistym zapachu; jest łatwo zapalna, to też trzymajmy ją zdala

od ognia. Gdy wlejemy trochę benzyny do probówki z wodą, to zauważymy, że benzyna nie miesza się z nią lecz tworzy warstwę na wodzie; skłóćmy zawartość probówki, zasłoniwszy wylot palcem: benzyna wypływa po chwili nawierzch, jest więc cieczą lżejszą od wody. Oznaczmy gęstość benzyny: odmierzmy w tym celu w walcu z podziałką pewną objętość benzyny, zważmy następnie tę ciecz i obliczmy, ile waży jeden jej centymetr sześcienny; uzyskamy liczbę mniejszą od jedności, która, jak to było wyjaśnione na str. 33, oznacza gęstość naszej cieczy. Wrzucmy też do probówki, zawierającej trochę benzyny, odrobinę masła, aby się przekonać, że benzyna tłuszcz rozpuszcza; powstały płyn nie będzie doskonale przezroczysty, a to dlatego, że w maśle jest jednak cokolwiek wody, która zawisnie w płynie.

Nafta. Ciecz ta jest znana powszechnie, gdyż służy przeważnie do oświetlenia. Nafta, również jak benzyna, nie miesza się z wodą, jest od niej lżejsza, ma gęstość 0,8 a więc 1 litr nafty waży mniej więcej 0,8 kgr. Nafta z domieszką benzyny powoduje przy zapaleniu wybuch, jeżeli więc ma być bezpieczną w użyciu do oświetlenia, to nie powinna tej domieszki zawierać. Zapalność nafty poznamy w następującem doświadczeniu. Do kilku centymetrów sześciennych nafty na miseczce porcelanowej zanurzamy płonącą zapalkę: płomień gaśnie, i nafta się nie zapala. Gdy wszakże ogrzejemy naftę na kąpieli wodnej do 40°—50°, pary, wywiązujące się z cieczy, dadzą się zapalić zapalką.

Oleje mineralne smarowe są to ciecze o barwie od żółtej do brunatnej, nie tak rzadkie jak nafta, ale i niezbyt gęste, a przeznaczone do smarowania części maszyn wszelkiego rodzaju celem zmniejszenia tarcia, niekiedy też dla zabezpieczenia od rdzewienia.

Wazelina — ciało maziste, używane do wyrobu pomad, do smarowania skóry i metalowych części maszyn.

Parafina. Jest to masa stała, biała, przeświecająca, a w dotknięciu przypominająca воск, znana najpowszechniej jako materiał do wyrobu świec. Lżejsza jest od wody (gęst. 0,9), co sprawdzimy łatwo w doświadczeniu. Temperatura topnienia oraz krzepnięcia dla «miękkiej» parafiny w granicach od 40° do 50°, a dla «twardej» od 50° do 60°, daje się łatwo oznaczyć w porcelanowej miseczce na kąpieli wodnej przez zanurzenie do parafiny termometru. Parafina miesza się z benzyną i naftą, inaczej mówiąc, rozpuszcza się w tych cieczach.

ROPA I JEJ WYSTĘPOWANIE.

Wszystkie wymienione wyżej ciała są do siebie podobne pod względem chemicznym i mają wspólne źródło pochodzenia. To ich pokrewieństwo chemiczne polega na tem, że każde z nich stanowi mieszaninę związków węgla z wodorem, albo, jak mówimy, mieszaninę węglowodorów. Wspólność pochodzenia znów wyraża się w tem, że zarówno benzyna, jak i inne opisane wyżej ciała wyosabniane są technicznie z t. zw. oleju skalnego czyli ropy naftowej.

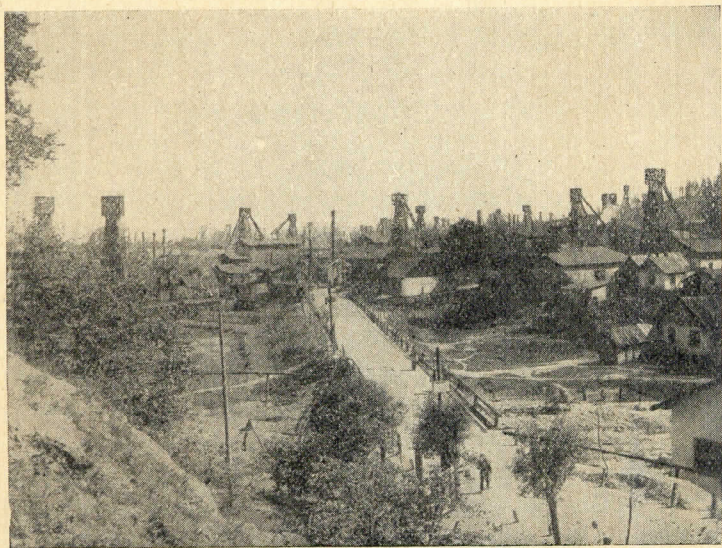
Ropa jest to ciecz barwy od żółtej do ciemnobrunatnej z zielonkawym odcieniem; wydobywa się z ziemi niekiedy sama, częściej po wykopaniu odpowiednio głębokich studzien.

Ropa jest lżejsza od wody i nie miesza się z nią; posiada woń charakterystyczną. Źródła ropy spotykamy w dość licznych miejscowościach; do najbogatszych w tej mierze zaliczamy Amerykę Północną i Kaukaz.

Źródła ropy w Polsce. Polska znajduje się w tem szczęśliwem położeniu, że posiada własne źródła ropy, a mianowicie w Małopolsce, gdzie tereny roponośne biegną łukiem wzdłuż Karpat podgórzami od Limanowej do Kosowa, inaczej więc od Dunajca do Czeremosza. Najwięk-

szych ilości ropy dostarczają okolice Schodnicy, Borysławia i Tustanowic (rys. 121).

Ropa nie tworzy w głębi ziemi zbiorników w postaci jaskiń, lecz przepaja pewne pokłady jak woda gąbkę; najobficiej nasiąknięte ropą są tu lawice piaskowców i tak zwanych łupków piaszczystych. Warstwa roponośna trafia się już na głębokości 80 metrów, jednak obfitość rośnie wraz z zagłębianiem się.



Rys. 121. Wieże wiertnicze w Borysławiu.

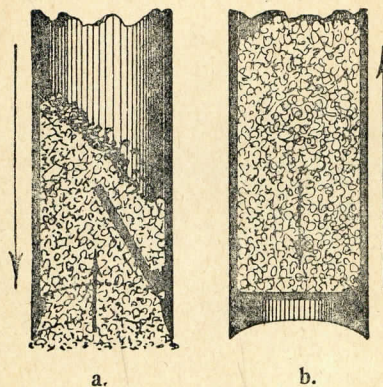
Gaz ziemny. Stałym towarzyszem ropy jest gaz ziemny, tworzący mieszaninę najlotniejszych związków węgla z wodorem, czyli gazowych węglowodorów. Gaz ziemny jest więc chemicznie pokrewny naftcie. Występując wraz z ropą, gaz ziemny częściowo się w niej rozpuszcza, poczęści zaś wypełnia pory warstw skalnych, powodując nieraz znaczne ciśnienia w następstwie czego odbywa się wędrówka ropy z jednej warstwy do dru-

giej, a niekiedy wytłaczanie jej na powierzchnię w postaci nawet fontanny czyli ropotrysku.

Często wszakże ropę otaczają ze wszystkich stron nieprzenikliwe wilgotne warstwy ilów i glin, przez które znaczna nawet prężność gazu ziemnego przepchnąć ropy nie zdoła.

TECHNICZNE DOBYWANIE ROPY.

Pierwsze sposoby wydobywania ropy, pochodzące jeszcze z 16 wieku, były bardzo proste. Kopano doły, bądź

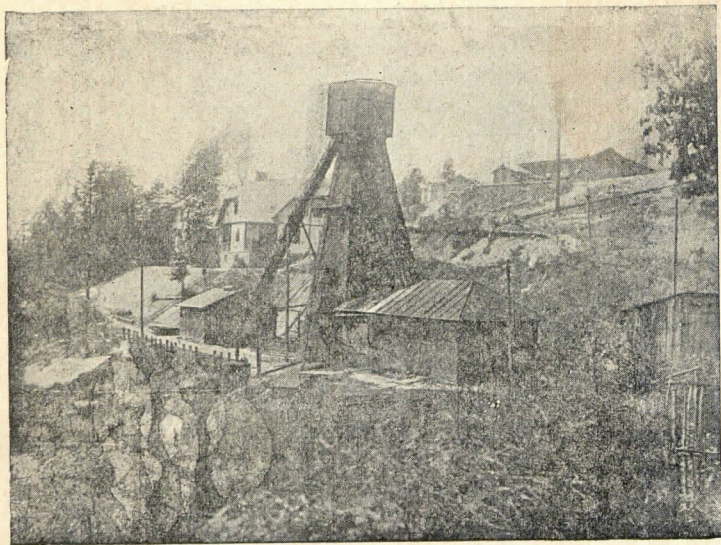


Rys. 122. Dolna część czerpaka do wybierania mialu skalnego z otworu wiertniczego.

głębokie studnie, a zbierającą się w nich ropę czerpano wiadrami. Głębsze studnie wykładano deskami celem zabezpieczenia od zasypania, jednak od ucisku warstw psuły się one bezustannie. Rzadko głębokość tych studzien dochodziła do 100 metrów, bo oto inną jeszcze przeszkodę stale spotykano: wyć bywający się gaz ziemny utrudniał pracującym oddychanie, uniemożliwiając nieraz wszelką robotę. Wprowadzono więc przewietrzanie i pompy do czerpania ropy.

Wiercenie szybów. Znaczne pogłębienie otworów bez

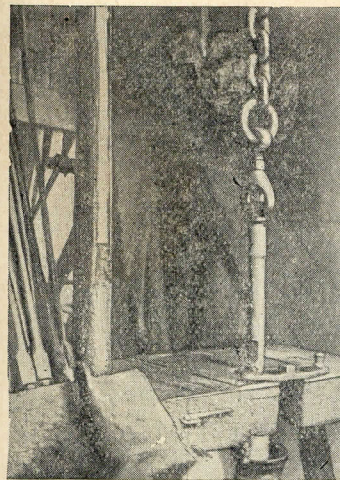
narażania życia ludzkiego na niebezpieczeństwo osiągnąć zdolano przez zastosowanie za przykładem Ameryki nowej metody wiertniczej, która polegała na użyciu ciężkiego, opadającego dłóta stalowego. Dłóto, zwane wogóle świderem, zwiesza się w głąb szybu na odpowiednio długiej linie stalowej; uniesione właściwym mechanizmem cokolwiek ku górze, zostaje nagle puszczane, a spadając, uderza z siłą o dno; od tych uderzeń skała się kruszy, a świder



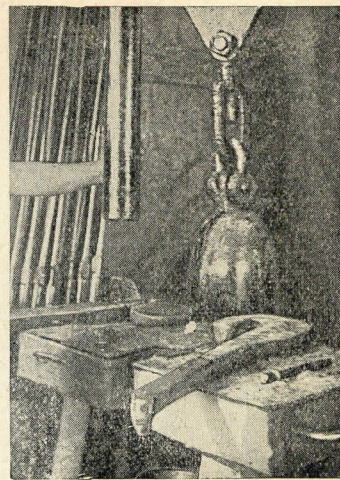
Rys. 123. Wieża wiertnicza.

zapada coraz głębiej. Skoro na dnie szybu zbierze się większa ilość okruchu skalnego, wówczas wyciągają z szybu dłóto, a zakładają na to miejsce t. z. łyżkę (rys. 122); jest to rura, której dolny otwór przysłania ruchome denko, uchylające się na zawiasce pod uciskiem zdolu w głąb rury, ucisk zaś zgóry przywraca denku położenie poziome, przez co wylot rury zostaje zamknięty, a wartość takiego czerpaka wysypać się nie może. Gdy

czerpak spada na dno szybu i zanurza się w głąb sproszkowanej masy skalnej, to masa ta, uchyliwszy denko, wbije się do wnętrza czerpaka (a), lecz już zeń nie wypadnie, gdyż własnym ciężarem zamknie denko z chwilą, gdy linka stalowa pociągnie czerpak ku górze (b).



a.



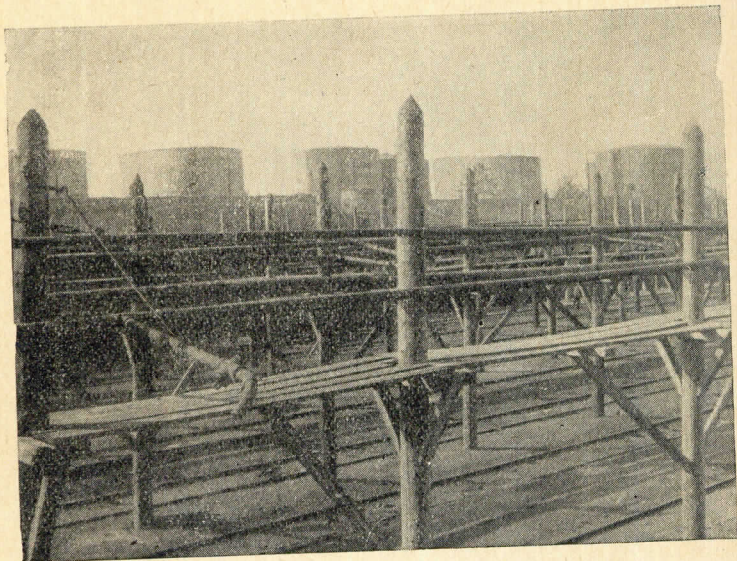
b.

Rys. 124. Ława wiertnicza.

Nad ławą zwisa na łańcuchu drążek, wpuszczony w otwór wiertniczy. W części (a) na lewo widzimy «czerpak-łyżkę», na prawo, w części (b) łyżka ta ujęta jest ręką robotnika. Olbrzymi klucz na ławie służy do przykręcania drążków.

Nad szybem czyli otworem świdrowym znajduje się budynek, mający około 25 metrów wysokości, t. z. wieża wiertnicza (rys. 123) wraz z szopą, mieszczącą maszynę parową, poruszającą mechanizm wiertniczy. W dolnej części wieży mieści się ława wiertnicza (rys. 124), u której odbywają się różne czynności, związane z procesem wiercenia, chociażby np. zamiana jednych

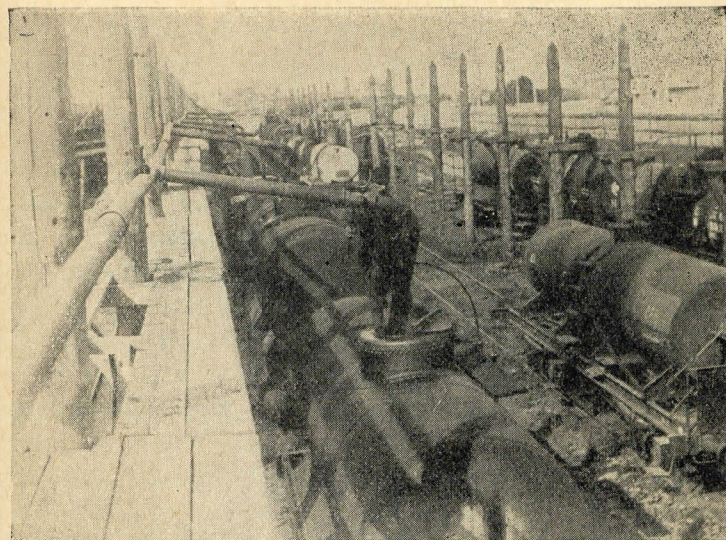
świdrów na inne, usuwanie ich i zakładanie łyżki i t. p. Tu też dokonywa się «zarurowywanie» szybu; pogłębiany otwór wiertniczy trzeba bowiem zabezpieczyć rurami od zasypania przez otaczające warstwy i od przesączania się wody. Pod lawą widoczny jest wylot rurowania (patrz rys. 124). Głębokość niektórych szybów przekroczyła znacznie $1\frac{1}{2}$ kilometra.



Rys. 125. Rury, prowadzące ropę naftową z szybów do nalewalni.

«*Tłokowanie*» ropy i *rurociagi*. Pogłębianie szybu kończy się oczywiście z chwilą, gdy się dosięgnie poziomu ropy, która wówczas mniej lub więcej obficie wciska się do szybu. Ponieważ ropa stosunkowo rzadko wznosi się sama aż do górnego wylotu szybu, trzeba więc ją pompować, albo «tłokować». Odpowiednie maszyny, ustawione w pewnej od szybu odległości, opalane ropą lub gazem ziemnym, tłoczą ropę do górnego otworu szybu, a stąd

siecią rur, czyli t. z. *rurociągami* (rys. 125), przepędza się ją na stację kolejową do t. z. *nalewalni*, gdzie spływa wprost do podstawionych specjalnych wozów kolejowych-cystern (rys. 126). Pociągi cystern wiozą ropę do rafinerji. W Drohobyczu znajduje się wielka rafinerja, będąca własnością Państwa Polskiego.



Rys. 126.

PRZERÓBKA ROPY.

Czynność ta odbywa się w t. z. rafinerjach, gdzie przez ogrzewanie oddziela się bardziej lotne części od mniej lotnych, a te od jeszcze mniej lotnych. Wywiązujące się przy ogrzewaniu pary przechodzą przez szereg rur oziębiających, skraplają się i spływają do odpowiednich odbieralników. Przy takiej destylacji (patrz str. 163) ropy wydzielają się najpierw lekkie ciecze bezbarwne, pokrewne benzynie; stanowią one 10% w sto-

sunku do całej przerobionej ropy. Gdy temperatura płynu ogrzewanego podniesie się do 150° , zaczyna przechodzić do odbieralnika właściwa nafta (około 60%), co trwa tak długo, aż temperatura nie przekroczy 320° . Z reszty wydobywa się jeszcze oleje smarowe (12%), półpłynną wazelinę i stałą parafinę (1%), poczem na dnie pozostają odpadki w postaci smoły i koksu (17%).

Benzyna, obok zastosowania do pędzenia silników, bywa często używana w przemyśle chemicznym jako rozpuszczalnik, zwłaszcza w farbiarniach i pralniach.

Nafta, wypierana wprawdzie w oświetleniu miast, fabryk, dworców kolejowych, budynków publicznych przez gaz i elektryczność, usuwa się do mniejszych miasteczek i wsi i tam wszechwładnie jeszcze panuje jej żółte światło.

Oleje, otrzymywane z ropy, służą jako smary dla zmniejszenia tarcia zarówno w wielkich maszynach potworach, jak i w najdelikatniejszych mechanizmach zegarkowych.

O POWSTAWANIU ROPY.

W miarę, jak się wzmagał przemysł naftowy, zaczęła się i nauka bliżej zajmować temi nowemi bogactwami, znajdującymi się we wnętrzu ziemi. Badano skład chemiczny rop różnego pochodzenia, określano naturę skał roponośnych i coraz usilniej starano się odpowiedzieć na pytanie, jak powstała ropa. Zadowolającej odpowiedzi dziś jeszcze nie mamy, uczeni wskazują jedynie możliwość tworzenia się ropy różnemi drogami. Według jednych np. węgiel kamienny w warstwach głębszych, pod wpływem wyższej temperatury i ciśnienia, ulegał suchej destylacji i wydał ropę. Według innych para wodna, trafiając w głębszych warstwach na związki węgla z metalami, a zwłaszcza z żelazem, spowodowała powstanie ropy. Jeszcze

mni mniemają, że ropa utworzyła się przez powolny rozkład szczątków zwierzęcych, może ryb, a może mięczaków, zasypanych kiedyś w bardzo odległych czasach. Każde z tych przypuszczeń poparte zostało przez odpowiednie doświadczenie, lecz mimo tylu badań zagadkę powstania ropy osłania dotąd tajemnica.

O ZWIĄZKACH ORGANICZNYCH.

ZWIĄZEK A MIESZANINA.

Stala skorupa ziemską utworzoną jest, jak to już wiemy, z minerałów, które występują bądź oddzielnie, bądź też tworzą mniej lub więcej zwarte mieszaniny. Gdy pojedynczy minerał jakiś występuje w postaci potężnych mas, stanowi on wówczas skałę prostą; takie skały proste tworzy łód, sól kamienna, kreda, gips i inne. Pospolitsze są wszakże skały, będące mieszaniną wielu minerałów; przykładem takich skał złożonych są granit, glina, węgiel i t. p. Wchodzące w skład takich skał minerały stanowią albo stałą ich część składową (np. kwarc w granicie), albo przypadkową (złoto w piasku). Liczne minerały, których bliższym opisem zajmowaliśmy się poprzednio, zasługiwały na szczególne wyróżnienie właśnie dlatego, że należały do grupy t. zw. skałotwórczych, t. z. bądź same jako skała prosta występowały, bądź łącznie z innemi minerałami jako stały składnik tworzyły skałę złożoną. Jakkolwiek więc minerał jest osobnikiem chemicznym, czyli związkiem o ściśle określonym składzie chemicznym, to jednak skały złożone, jak każda mieszanina, mają skład zmienny, zależny od zawartości w nich tego lub innego minerału. Możemy więc łatwo odpowiedzieć na pytanie, jaki ma skład chemiczny minerał, np. sól kamienna, gips, kreda, kwarc, czy pewne rudy, lecz nie odpowiemy na takie

pytanie, postawione odnośnie do złożonych skał takich, jak piasek, glina, granit, piaskowiec lub węgiel kamienny.

Potrzeba takiego rozróżniania właściwości związków i ich mieszanin, spotykanych w świecie nieożywionym, konieczna jest i w państwie istot ożywionych, t. j. organizmów roślinnych i zwierzęcych. W miejsce związków mineralnych występują tu na widownię związki organiczne, mieszaninę zaś tych związków stanowi materia organiczna. Wspólną cechą związków organicznych jest to, że zawierają w sobie węgiel, są to związki węgla. Związki te, z nielicznymi bardzo wyjątkami, spalają się w płomieniu całkowicie, nie pozostawiając żadnej reszty. Materiał tych związków stanowią przeważnie cztery pierwiastki: węgiel, wodór, tlen i azot. Najróżnorodniejsze połączenia wzajemne tych czterech pierwiastków tworzą niezmierną mnogość związków organicznych.

W naszym wykładzie zajmiemy się tylko temi związkami organicznymi, które stanowią najważniejszą część składową organizmu istot ożywionych; są to węglowodany, tłuszcze i białka, a znajdziemy je jako składniki materji organicznej np. drzewa, mąki, miodu, mleka, mięsa i t. p.

WĘGLOWODANY.

SKŁAD CHEMICZNY WĘGLOWODANÓW I ICH PODZIAŁ.

W rozdziale niniejszym zajmiemy się grupą związków niezmiernie rozpowszechnionych w świecie organicznym, zwłaszcza w państwie roślinnym, a mianowicie cukrami i mączką. Związki te mają skład dość znamienity pod tym względem, że pierwiastki wodór i tlen, które obok węgla złożyły się na ich budowę, występują tu przypadkowo w takim samym stosunku, jak i w wodzie; to też cukry i mączkę objęto nazwą węglowodanów

gdyż mają taki skład, jakgdyby się utworzyły z węgla i wody. Wobec użytej tu formy «cukry» nasunie się zaraz pytanie, jakie to istnieją rodzaje cukrów. Wymienimy tu tylko ważniejsze, a więc: 1-o w winogronach, miodzie — cukier *gronowy*, 2-o w trzcinie cukrowej, w burakach, — zwykły cukier, zwany też *trzciniowym*, 3-o w mleku — cukier *mlekowy* i 4-o cukier *słodowy* — otrzymywany sztucznie drogą przeróbki ziemniaków.

CUKIER TRZCINOWY.

W bardzo prostem ćwiczeniu stwierdzić możemy, że cukier zawiera w swym składzie węgiel, związany z wodorem i tlenem; przez ogrzewanie dość silne wywołamy rozkład cukru, a wśród produktów rozkładu znajdziemy łatwo węgiel i wodę. W tym celu w przyrządzie opisanym na str. 162 wykonać możemy t. zw. suchą destylację cukru, umieszczając zamiast wody cukier w probówce; przez ogrzewanie na lampce sprowadzimy rozkład cukru, a wśród ciał, z rozkładu powstałych, łatwo zauważymy wodę, zbierającą się w drugiej probówce. Cukier w pierwszej topnieje, ciemnieje, wreszcie staje się czarny, gdyż uwalnia się z niego w tych warunkach czysty, pierwiastkowy węgiel.

Otrzymywanie cukru z buraków w cukrowniach.

Okres przeróbki buraków, trwający trzy miesiące zimowe, nazywa się kampanją cukrową. Czynności, które obejmuje fabrykacja cukru, są następujące: 1^o Uzyskanie roztworu cukrowego albo soku buraczanego. W tym celu buraki, pokrajane w cienkie paski, umieszczają w dużych zbiornikach, t. zw. dyfuzerach, w których krąży ciepła woda i luguje cukier; wylugowana krajanka stanowi wytłoki i używa się jako pasza. 2^o. Otrzymany sok oczyszczają następnie od barwnika i licznych domieszek, które się doń dostały z krajanki. 3^o. Stężanie soku przez odparowywanie w t. zw. wyparnicach; ta czynność prowadzi do kry-

stalizacji cukru, a więc do uzyskania licznych kryształów, zawieszonych w syropie. 4^o. Przez oddzielenie kryształów od syropu na wirówkach otrzymuje się piasek cukrowy. Ług pokrystaliczny, z którego cukru już wydobyć nie można, używa się jako t. zw. melasa bądź jako dodatków do paszy, bądź przerabia się na alkohol. Cukrownictwo w Polsce stanowi ważną gałąź wytwórczości narodowej: 80 cukrowni wyrobiło w 1926 roku ponad pół miliona tonn cukru.

SKROBIA.

Mączka, zwana też *krochmalem* lub *skrobią*, jest to związek, występujący w roślinie w postaci drobniutkich ziarenek, widocznych tylko przy silnem powiększeniu. Wyrabia je roślina przy udziale promieni słonecznych w swych zielonych częściach z dwutlenku węgla, czerpanego z powietrza. Roślina zużywa mączkę jako pokarm celem wytworzenia ścianek komórkowych oraz na inne potrzeby. Mączka nagromadza się często obficie w nasionach, kłęczach i bulwach, które jako pokarm zużywają się przez ludzi. W zimnej wodzie ziarenka skrobi nie rozpuszczają się; w gorącej wodzie tworzy się przezroczysta, pozornie jednorodna ciecz, będąca jednak zawiesiną napęczniałych ziarn. Jeżeli taka zawiesina jest gęsta, to stanowi kłajster.

Otrzymywanie mączki z ziemniaka. W tym celu należy ziemniak rozetrzeć na tarce lub w moździerzu, dolać następnie do otrzymanej masy dużą ilość wody i mieszać wszystko w ciągu paru minut; wreszcie przecedzić przez gęste sito, zatrzymując grubsze części, a uzyskany płyn pozostawić w spokoju. Po upływie godziny ziarenka mączki opadną na dno; odlawszy wodę i wyławszy osad w woreczku z gęstego płótna, otrzymamy po wysuszeniu osadu t. z. mączkę kartoflaną.

Tą samą drogą otrzymuje się krochmal fabrycznie, a więc na większą skalę, również przeważnie z kartofli, jakkolwiek wydobywają go też z pszenicy, ryżu lub kukurydzy. Skrobia, a zwłaszcza kłajster skrobiowy, od kropli jodiny zabarwia się na niebiesko. Gdy taki niebieski płyn ogrzejemy w probówce, zabarwienie zniknie, a wystąpi ponownie, gdy roztwór ostygnie (ćwiczenie).

OTRZYMYWANIE SPIRYTUSU W GORZELNIACH.

Zamiana mączki na cukier. Mączka i cukier w pojęciu chemicznym są to dwa węglowodany, stojące z sobą w bardzo ścisłym związku, mączka bowiem z łatwością przechodzi w cukier, a mianowicie w cukier słodowy. Z procesem tym spotykamy się w życiu rośliny. Ziarno, rzucone w wilgotną ziemię, szybko wypuszcza korzonek oraz t. zw. liścienie. Korzonek nie jest jeszcze w stanie liścienia odżywiać, i roślinka zaczyna ciągnąć korzyści z zapasów żywności, nagromadzonych w ziarnie zwłaszcza ze skrobi. Stać się jednak to może dopiero z chwilą, gdy skrobia zamieni się na ciało rozpuszczalne, a więc przyswajalne. Otóż wraz z kiełkowaniem w ziarnie zjawia się pewne ciało o naturze zbliżonej do związków białkowych, nazwane diastazą, które z pomocą wody skrobię zamienia w cukier. W okresie kiełkowania szczególnie obfitują w diastazę ziarna jęczmienia; taki kiełkujący jęczmień, wysuszony i oczyszczony od kiełków, zowie się słodem, zapewne dla wyraźnie słodkiego smaku. Diastaza, która powstaje w kiełkującym jęczmieniu i powoduje przemianę skrobi na cukier, jest w stanie scukrzyć znacznie więcej skrobi, niż jej słód zawiera. Jeżeli więc do słodu dodać żyta lub ziemniaków, które dla łatwiejszego uwolnienia z mączki ogrzewa się parą wodną w t. zw. parnikach, i oblać całą masę wodą o temperaturze około 60°, to niemal cała mączka w ziarnie czy ziemniakach takiego zacieru zostanie w krótkim

czasie zamieniona na cukier słodowy. Tak uzyskany płyn cukrowy po oziębieniu gorzelnie poddają t. zw. fermentacji.

Fermentacja alkoholowa. Jeżeli sok wyciśnięty z owoców np. jabłek, porzeczek, agrestu, wisien, zwany moczem, postawimy w naczyniu otwartem na wolnem powietrzu w temperaturze pokojowej, to po pewnym czasie, nieraz już po kilku godzinach spostrzeżemy, że zaczyna on zmieniać barwę, mętnieje i poczyną się burzyć. Na powierzchnię płynu wydobywają się pęcherzyki gazu, powodujące szczególny szmer (syczenie), a płyn pokrywa się białą pianą, przyczem temperatura podnosi się nieraz o kilka stopni. Burzenie to i pienienie po kilkunastu dniach dochodzi do najwyższego stopnia, poczem słabnie, płyn staje się znów przezroczysty, na dnie jedynie zbiera się osad. Przy badaniu tego płynu zauważymy znaczne zmiany; jego słodycz poprzednia mniej lub więcej zniknęła, a na to miejsce zjawił się smak i zapach alkoholu. Podobnej zmianie oddawna też poddawano miód po uprzedniem rozcieńczeniu go wodą, otrzymując w ten sposób upajający napój — miód sycony.

Takie przeobrażanie się cukru w alkohol nazywamy fermentacją alkoholową. Bliższe badania wykazały, że zjawisko to polega na rozkładzie cukru, przyczem ze 100 części cukru tworzy się około 48 części alkoholu i 47 części dwutlenku węgla, poza tem rozmaite domieszki; alkohol pozostaje w płynie, a dwutlenek węgla w postaci banieczek wydostaje się z płynu i uchodzi do powietrza; on to powoduje burzenie się płynu i syczenie.

Fermentację alkoholową wywołują maleńkie (0,006 milimetra) organizmy — drożdże, przytem jedynie w dostatecznie rozcieńczonych roztworach cukru. Drożdże dostać się mogą do płynów cukrowych przypadkowo, chociażby w najmniejszej ilości, i tu sprawiają niepożądane

zmiany, jak np. fermentację kompotów i soków owocowych; wytwarzający się dwutlenek węgla rozsadza nierzadko naczynia.

W gorzelniach wprowadzają drożdże rozmyślnie do wspomnianego wyżej scukrzonego zacieru, by w warunkach odpowiedniej temperatury i stężenia przeprowadzić zamierzoną fermentację. Tak powstaje alkohol wobec znacznej ilości wody, a więc wodny roztwór alkoholu, czyli spirytus. Zawartość alkoholu w tym spirytusie nie dochodzi do 14%, mocniejszy bowiem spirytus wstrzymuje działalność drożdży, stając się dla nich jakby trucizną. Dla otrzymania więc wysokoprocentowego spirytusu trzeba przefermentowany zacier, czyli t. zw. brzeczkę, poddać destylacji w osobnych przyrządach, gdzie lotniejszy alkohol oddziela się od mniej lotnej wody.

O SZKODLIWOŚCI ALKOHOLU.

Nie możemy tu przytaczać tak licznych dowodów szkodliwości alkoholu. Badania uczonych i spostrzeżenia towarzystw sportowych wykazały, że najwyższe natężenie pracy zarówno umysłowej, jak fizycznej (wioślarstwo, kolarstwo, turystyka) wymaga zupełnego unikania napoi alkoholowych. To też kto znajdzie w sobie tyle siły woli i charakteru, że potrafi obejść się zupełnie bez trunków, ten zachowa lepsze zdrowie i dłużej żyć będzie od innych, a do tych osobistych korzyści przybędzie zadowolenie, że przyczyni się przez to do wzmożenia dzielności narodu.

TLUSZCZE.

WŁASNOŚCI TLUSZCZÓW.

Tłuszcze wyróżniają się przedewszystkiem tem, że pozostawiają na papierze przezroczyste plamy, które nie

wysychają ani w zwykłej temperaturze, ani też po ogrzaniu; gdy kartkę białego papieru z tłuszczem na nim płamą od masła lub szmalcu potrzymamy nad płomieniem lampki spirytusowej, to płama nie zniknie, co świadczy o tem, że tłuszcze te nie są lotne. Zauważmy tu zaraz, że przetoczona własność tłuszczów nie jest tak wyjątkowa, by mogła być poczytana za próbę znamionną do rozpoznania tłuszczów. Płamy nielotne pozostawiają też takie ciała, jak oleje mineralne lub wazelina, a jednak mylnie bywają do rodziny tłuszczów zaliczane. Z łatwością przekonąć się dalej możemy, że masło lub szmalec, nierozpuszczalne przecież w wodzie zimnej czy gorącej, rozpuszczają się jednak dobrze w benzynie na zimno (lampkę spirytusową zgasić należy, gdy wykonywamy próby z benzyną). Dlatego to benzyny używają do wywabiania plam tłustych, niekiedy do wydobywania olejów (tłuszczów) z nasion, do odtłuszczania kości, z których chcą klej stolarski następnie wygotować, wreszcie benzyną wyciągają tłuszcz z wełny, by go w postaci t. z. lanoliny użyć do wyrobu różnych maści leczniczych.

Otrzymywanie mydła. Przez ogrzewanie tłuszczu z ługiem sodowym powstaje mydło, co sprawdzić możemy w następującem ćwiczeniu. W parownicze porcelanowej pojemności około 150 cm.³ topimy 40 gr. szmalcu, ogrzewając nad lampką spirytusową; dodajemy roztwór 6 gr. zasady sodowej, czyli t. z. wodorotlenku sodowego, w 30 centymetrach sześć. wody i, mieszając pręcikiem szklanym, ogrzewamy dotąd, póki zawartość parowniczkę nie przybierze postaci białej, kleistej, jednorodnej masy (około 1 godziny). Gdyby woda wyparowała, a mieszanina stała się bardzo gęsta, to dodać trzeba wody. Wlewamy teraz mieszaninę, której powinno być około 60 gramów, do pustych pudełek od zapalek. Po zastygnięciu tekturę oddzielimy i wyjmujemy tafelki mydła.

Z pośród innych znamionnych własności tłuszczów na uwagę zasługują następujące: 1-o wszystkie tłuszcze są lżejsze od wody, 2-o w stanie czystym nie mają silniejszego zapachu, 3-o stale tłuszcze topią się poniżej 60°. Niektóre tłuszcze, pozostając przez dłuższy czas na powietrzu, ulegają rozkładowi, zmienia się przytem ich barwa, powstaje przykry smak i nie miła woń; zjawisko to nazywamy jęłczeniem tłuszczu. Wiadomo przecież, że masło, zwłaszcza latem, szybko ulega jęłczeniu.

Tłuszcze ulegają rozkładowi przy silniejszym ogrzewaniu, powyżej 300° a przy rozkładzie następuje przenikliwy, gryzący zapach. Tłuszcze spalają się, dając płomień świecący i mocno kopący.

WYSTĘPOWANIE TŁUSZCZÓW, ICH WYDOBYWANIE I ZASTOSOWANIE.

Tłuszcze znajdują się w wielkiej ilości w państwie zwierzęcem i roślinnem. U zwierząt spotykamy tłuszcze pod skórą w tak zwanej tkance tłuszczowej; po obfitem zwłaszcza karmieniu stanowią one nieraz znaczną bardzo część całkowitego ciężaru ciała. Tłuszcz zwierząt wodnych przyczynia się do zmniejszenia ciężaru właściwego ciała, stanowi też ochronę przed zimnem.

Co do roślin, to stosunkowo nieliczne z nich obfitują w tłuszcze; rośliny te służą nam za źródło, z którego tłuszcz ten wydobywamy. Oliwa z oliwek, olej z nasion bawełny, olej makowy, lniany, palmowy, orzechowy, masło kokosowe i kakaowe są znanymi ogólnie tłuszczami roślinnymi. Tam, gdzie w roślinach tłuszcz obficie występuje, służy on, podobnie jak węglowodany, jako materiał zapasowy rośliny. Tłuszcze zwierzęce otrzymuje się zazwyczaj przez wytapianie. Tłuszcze roślinne wyciska się z odpowiednich roślin w prasach; pozostałe maku ch y, zawierające jeszcze nieco tłuszczu, używane bywają jako pożywny pokarm dla bydła.

Liczne tłuszcze zarówno zwierzęce (łój wołowy, szmalec wieprzowy i gęsi, masło), jak roślinne (oliwa, olej z rzepaka), stanowią cenny pokarm dla człowieka, przewyższający pod pewnym względem węglowodany; ulegając spaleni w naszym organizmie, pewna masa tłuszczu wytwarza dwa razy więcej ciepła, aniżeli taka masa mączki. Tem się poniekąd tłumaczy większe upodobanie do tłuszczów jako pokarmów, u mieszkańców zimnych okolic podbiegunowych. Tłuszcze zwierzęce i roślinne po spożyciu dostają się do kiszek, gdzie zostają strawione; to też, gdy jakiś olej jadalny zafalszują oczyszczonym olejem mineralnym, jest to karygodne właśnie dlatego, że olej mineralny nie może być przez organizm strawiony, nie posiada więc żadnej zgola wartości jako pokarm.

Pod względem chemicznym tłuszcze są to związki pewnej grupy kwasów (str. 150) organiczno-tłuszczowych z gliceryną, powszechnie znaną gęstą, bezbarwną, przezroczystą cieczą. Łój wołowy np., ogrzewany silnie parą wodną, lub też traktowany rozcieńczonym kwasem siarkowym, rozkłada się; powstaje wówczas z łoju stearyna, będąca mieszaniną kwasów tłuszczowych, a używana pospolicie do wyrobu świec oraz gliceryny. Gdy łój, podobnie jak szmalec, ulega rozkładowi pod działaniem ługu sodowego, wówczas powstająca mieszanina wolnych kwasów tłuszczowych (stearyna) zobojętnia się natychmiast zasadą sodową (str. 171), wydając sole, stanowiące mydło.

Wyrób mydła. W celu otrzymania mydła ogrzewa się w żelaznych kotłach tłuszcz z odpowiednią ilością ługu sodowego tak długo, aż mieszanina przybierze postać jednolitej i przeświecającej masy kleistej; jest to t. z. klej mydlany. Aby zobojętnić resztki ługu niez użytogo do rozkładu tłuszczu, dodają następnie kalafonji, korzystając z tego, że zawiera ona wolny kwas. Gorącą zawartość

kotła odprowadza się teraz odpowiedniami rynnami do wielkich skrzyń drewnianych, gdzie masa mydlana krzepnie. Mydło w ten sposób przyrządzone zawiera około 30—40% wody.

Wyrób świec. Stearynę, otrzymaną z łoju i zaprawioną często pewną ilością parafiny lub wosku, w stanie roztopionym wlewa się do form, w których środku umieszczony jest skręcony knot. Knoty wyrabiane są z nici bawelnianych plecionych, nasyconych kwasem bornym. Przy paleniu się świecy kwas borny topi się na końcu palącego się knota, tworzy perelkę, która ciężarem swym zagina go, wysuwa nazewnątrz płomienia, gdzie knot w zetknięciu z powietrzem spala się całkowicie. Unika się wskutek tego niemiłej konieczności ciągłego obcinania knota, jak to bywało przy świecach dawniej wyrabianych.

CIAŁA BIAŁKOWE.

CIAŁA BIAŁKOWE, ICH WYSTĘPOWANIE I WŁASNOŚCI.

Każde ciało stałe, rozpuszczające się w zimnej wodzie, rozpuszcza się zwykle i w gorącej, zazwyczaj nawet w większej ilości. Wśród ciał, z którymi mamy najczęściej do czynienia, jest pod tym względem jeden znamienny wyjątek. Białko *jaja* kurzego, bezbarwny gęsty płyn, rozpuszcza się częściowo w wodzie zimnej; gdy odsączymy taki roztwór i uzyskany przezroczysty przesącz ogrzejemy, wówczas białko zakrzepnie w stałe białe płateczki, które się już nie rozpuszczają ani w zimnej, ani w gorącej wodzie. Zjawisko to nazywamy *ścinaniem* się białka.

Białko znajduje się też w *mące*. Można się o tem przekonać łatwo, gdy trochę mąki (parę centym. sześć.) skłócimy w ciągu kilku minut z wodą w próbówce. Po przesączeniu otrzymany płyn przezroczysty ogrzejmy nad

lampką: spostrzeżemy po chwili, że plyn mętnieje z powodu zjawienia się drobnych białych płatków, podobnych do ściętego białka, które przedtem było widocznie rozpuszczone w zimnej wodzie. Więc te białe płatki to białko, wydobyte z mąki.

Możemy też w podobny sposób wykryć białko w *ziemniaku*. Rozcieramy w tym celu w moździerzu oskrobany ziemniak z wodą, następnie odsączamy. Gdy przesącz ogrzejemy, to zauważymy opadające ścięte białko.

Białko znajdujemy też w *mleku*. Mleko składa się przeważnie z wody (około 87 $\frac{1}{2}$ %); w wodzie tej obok drobnych ilości soli mineralnych rozpuszczone są: 1-o ciała białkowe, wśród których przeważa t. zw. sernik; wyróżnia się on tem, że nie ścina się przy gotowaniu mleka, 2-o jest też rozpuszczony cukier, noszący nazwę mlekowego, i 3-o tłuszcz, zawieszony w tym roztworze w postaci drobnutkich kuleczek. Gdy mleko dłuższy czas spokojnie stoi, wówczas kuleczki tłuszczu, mające gęstość mniejszą, niż ciecz otaczająca je, wznoszą się ku górze, tworząc w zwierzchniej warstwie śmietankę; przez dłuższe klócenie mleka kuleczki tłuszczu zbijają się w jednolitą masę, stanowiącą masło. Gdy surowe mleko stoi dłuższy czas w nieco wyższej temperaturze, to zawarty w niem cukier pod wpływem pewnych drobnutkich istot-bakteryj zamienia się powoli na kwas, zwany mlekowym; kwas ten powoduje ścinanie się sernika, o mleku zaś mówimy, że kwaśnieje i zsiada się.

Po dodaniu do mleka słodkiego paru kropel jakiegoś kwasu, np. solnego, sernik ścina się natychmiast.

Białko jest też głównym składnikiem *mięsa* zwierzęcego.

ZNACZENIE CIAŁ BIAŁKOWYCH JAKO POKARMÓW.

Węglowodany i tłuszcze, opisane w poprzednich rozdziałach, zbudowane są z trzech jedynie pierwiastków:

węgla, wodoru i tlenu. Ciała białkowe mają skład nie-równie bardziej złożony, zawierają obok wymienionych pierwiastków zawsze a z o t, a niekiedy fosfor i siarkę. Azot, ten pierwiastek niezbędny do wytworzenia białka, roślina znajduje w ziemi w postaci związków; najczęściej są to azotany, czyli sole kwasu azotowego, np. saletra.

Rośliny strączkowe, jak np. groch, łubin, konieczyna, są bardziej niezależne, umieją tworzyć swe związki białkowe z wolnego azotu powietrza; to też choćby nie znalazły w glebie gotowych azotanów, wynagrodzą to sobie łatwo, gdy rośliny niestrączkowe w podobnych warunkach musiałby zginąć. Tymczasem organizmy zwierzęce dla swego rozwoju, jak również dla wynagrodzenia strat azotu, ponoszonych stale przez wydzielanie, muszą pobierać jako pokarm gotowe związki białkowe bądź roślinne, bądź zwierzęce; organizm człowieka czy zwierzęcia nie może wytworzyć sobie materji białkowej np. mięśni, przerabiając azotany, czy też wolny azot powietrza.

Z trzech głównych składników naszego powietrza z węglowodanów, tłuszczów i białka, białko dla zawartego tylko w niem azotu jest jedynym bezwzględnie niezbędnym pokarmem. Zwierzę, choćbyśmy je karmili nadmierną nawet ilością węglowodanów i tłuszczów, zginąć musi, jeżeli nie otrzymuje białka; natomiast wytrwać może czas jakiś prawie zupełnie bez szkody, pobierając wyłącznie pokarm białkowy.

Wśród pokarmów mięso, jaja i nabiał dostarczają nam głównie ciał białkowych.

Zauważmy wkońcu, że spożywane przez nas pokarmy spełniają dwojakie zadanie: 1-o służą do rozrostu organizmu, a także do odtwarzania stale niszczącej się materji i 2-o dostarczają organizmowi naszemu przez powolne spalanie się ciepła, koniecznego dla podtrzymania stałej temperatury. W spełnieniu tego drugiego zadania

tłuszcze wartością swą przewyższają więcej niż dwukrotnie zarówno węglowodany, jak ciała białkowe.

E. GLEBA.

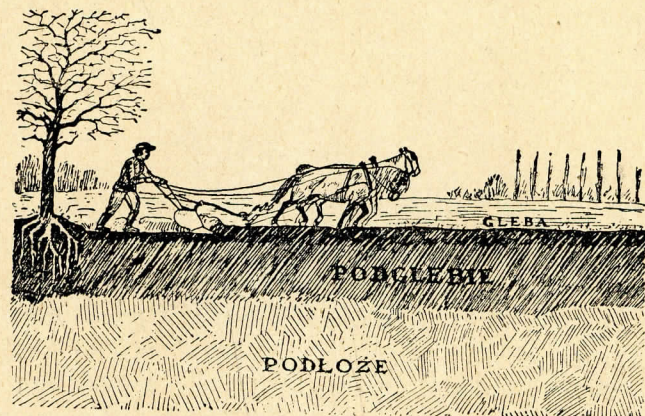
POWSTAWANIE GLEBY.

Gleba z utworów miejscowych. Skorupa ziemska, utworzona ze skał, które poznaliśmy w rozdziałach poprzednich, podlega bezustannym powolnym przeobrażeniom. Woda, padając na skały, rozpuszcza niektóre ich składniki, rozluźnia przez to pozostałe i powoduje ich rozpad; takie przemiany u skał nazywamy wietrzeniem skał. Tu i owdzie woda, przenikając w najdrobniejsze szczelinki skały, rozsadzi skałę, gdy zamarznie, wiemy bowiem, że lód ma większą objętość niż woda, z której powstał. Do kruszenia skał przyczynia się też w znacznej mierze roślinność. Korzenie roślin wciskają się w szczeliny skał, a rosnąc tam i grubiejąc, powiększają szczelinę coraz bardziej. Ta sama roślinność sprzyja też chemicznemu rozkładowi skał; rośliny, gnijąc, wytwarzają dwutlenek węgla oraz inne ciała, energicznie nagryzające skałę. W wykładach poprzednich mówiliśmy już, jak zwycięską walkę stacza ze skałą wapienną woda, dwutlenkiem węgla nasycona.

W ten sposób skały ustawicznie kruszą się i wietrzeją. Tak zmieniony i rozluźniony pierwotny materiał skały tworzy na powierzchni zwietrzałą warstwę, w której roślinność łatwiej się rozwija, niż na pierwotnej skale. Górna część tej warstwy jest zwykle ciemniejsza, ponieważ zawiera szczątki roślin, zamienione w próchnicę (humus); ta zwierzchnia warstwa, służąca do użytku rolniczego, nosi miano gleby, natomiast jaśniejszą warstwę, leżącą bezpośrednio pod glebą, nazywamy podglebiem. Podłożem wreszcie nazywamy warstwy głębsze, aż do dwóch metrów (rys. 127).

Gleba z utworów naniesionych przez lodowce. Zauważmy jednakże, że przeważna część ziem Polski pokryta jest naniesionymi utworami z czasów t. zw. epoki lodowcowej. W rozdziale o granicie dowiedzieliśmy się o pochodzeniu narzutowych kamieni polnych.

Powierzchnia lądu, zajmowanego dziś przez Polskę, została pokryta potężnym płaszczem lodowym, posuwającym się z północy ku południu, z gór Skandynawskich ku Karpatom. Nie znamy wprawdzie jeszcze do dziś przy-



Rys. 127.

czyn tego zjawiska, które zmusiły masy lodowe do tej wędrówki, musimy jednak uznać za pewne, że ten okres zlodowacenia u nas był, a nawet, że się powtarzał. Lodowiec, jako potężna masa lodu, sunąc się, odrywał złomy skalne, napotykał w górach, i unosił je ze sobą w miarę posuwania się ku południu. Te odlamy tarły się o podłoże, ocierały o siebie, krusząc się i rozdrabniając. To kruszenie się było tem łatwiejsze, że odbywało się pod ciśnieniem olbrzymiej masy lodu, która dosięgała paruset stóp grubości.

W ten to mniej więcej sposób powstawały i nagromadzały się na dnie lodowca pomieszane kamienie, żwir i miał, wytwarzając znane nam dzisiaj gliny niewarstwowane. Gdy klimat stał się następnie cieplejszym, a wody z tajania lodu powstałe unosić poczęły materiał lodowcowy, wówczas, zależnie od szybkości prądu wody, zaczęło się rozdzielanie tego materiału według wielkości ziarn: najdalej zaniezione zostały muły i ily, bliżej piaski, a jeszcze bliżej żwiry; osady z tego czasu lodowcowego są już wyraźnie warstwowane. Wszystkie niziny na ziemiach Polski są pokryte takimi utworami lodowcowymi, a przestrzeń przez nie zajęta jest kilkakrotnie większa od obszarów zajętych przez inne utwory.

SKŁADNIKI GLEBY.

1-o *Woda*. Weźmy trochę ziemi ogrodowej, ogrzejmy ją na parownicze nad lampką spirytusową; zauważymy, że ziemia ta, tracąc wodę przez parowanie, staje się suchą i sypką. Gdybyśmy zważyli ziemię tę przed i po ogrzaniu, to moglibyśmy oznaczyć zawartość w niej wody.

2-o. *Próchnica*. Powyższą próbkę wysuszonej ziemi ogrzewamy teraz silniej; w tym celu umieszczamy ją w żelaznym tygielku i prażymy. Masa ciemnieje, co oznacza, że zawarta w niej materja organiczna zwęglą się: materja ta—to próchnica. Po dokładnem wypaleniu masa dymić przestaje i traci ciemne zabarwienie; z ziemi ubyla próchnica, pozostały zaś części niepalne. Droga ważenia przekonalibyśmy się, że próchnica stanowi drobną część rodzajnej ziemi.

3-o. *Części żwirowe i piaskowe*. Wypaloną w poprzedniej próbie ziemię przepuszczamy przez sito; zostaną na niem grubsze kamyki—żwir. Odważmy teraz jakieś 20 gramów tak przesianej ziemi i skłóćmy ją z wodą w zlewce (a); gdy grubsze ziarna opadną na dno, zlejmy

mętną ciecz do drugiej zlewki (b). Skoro wpuścimy obecnie parę kropel kwasu solnego do naszej zlewki (a) z pozostałym w niej cięższym osadem, to prawie zawsze wywołamy burzenie się osadu, połączone ze znamionem sycezeniem wskutek wydzielania się dwutlenku węgla. Jest to wskazówka, że w ziemi naszej był zawarty wapien, który po skłóceniu jej z wodą osiadł z innymi, cięższymi domieszkami na dno zlewki.

Pod wpływem kwasu solnego część osadu przejdzie w stan rozpuszczalny i utworzy roztwór, reszta zaś, której kwas nie zmieni, stanowić będzie przeważnie piasek kwarcowy.

4-o. *Glina*. Do pozostawionej poprzednio drugiej zlewki (b) z mętną cieczą dolewamy parę kropel kwasu solnego, aby rozpuścić zawieszony w niej pył wapienny, a następnie czekamy, aż cały bardzo drobny osad nie osiadzie na dno. Po zlanu wody z nad osadu stwierdzimy, że daje się on łatwo ugniatać, czyli jest, jak powiadamy, podatny albo plastyczny; jest to zwykła glina, która przy wysychaniu pęka w tak dobrze znany nam sposób.

Przepuszczalność piasku a nieprzepuszczalność gliny. Przygotujmy do następującej próby 100 gr. piasku i tyleż suchej gliny. Wkładamy na dno dość dużego lejka kawałek waty, wsypujemy na wierzch piasek, pod lejek zaś podstawiamy kolbę. W drugim takimż lejku, zaopatrzonym również w watę, umieszczamy glinę i także pod ten lejek stawiamy kolbę. Wylewamy teraz na każdy lejek po 100 centymetrów sześciennych wody, przyczem całą zawartość naraz. Przez piasek woda prędko przenika i spływa z lejka do kolby, a więc piasek zatrzymuje wodę w małym stopniu; ponieważ zaś woda z lejka z gliną niemal wcale nie wycieka, więc glina wodę w znacznej ilości zatrzymuje, tworząc po nasiąknięciu jakby nieprzepuszczalną przegrodę.

RODZAJE GLEBY.

Głównymi więc składnikami gleby są: glina, piasek, wapień i próchnica. Przewaga którejkolwiek z tych części składowych stanowi podstawę podziału gleb.

Odróżniamy: 1-o gleby gliniaste, 2-o gleby o nieznacznej zawartości gliny z przewagą zato piasku (piaski, biele, lössy), 3-o gleby powstałe ze zwietrzenia skał osadowych wapiennych, t. zw. gleby marglowe (rędziny); wreszcie 4-o gleby próchnicowe, czyli czarnoziemy, powstałe przy współudziale bujnej roślinności, której części zbutwiałe stanowią główną część składową tych gleb.

ZASOBY POKARMOWE GLEBY.

Tkanki roślinne i zwierzęce są pod względem składu chemicznego bardzo do siebie zbliżone; olbrzymia wszakże różnica występuje, gdy weźmiemy pod uwagę, jak i z czego tworzą się tkanki w obu wypadkach. Zwierzętom za pokarm służą inne zwierzęta lub rośliny; zwierzęta więc otrzymują już gotowe związki organiczne. Rośliny nie wymagają koniecznie pokarmów organicznych; są one w stanie utworzyć swą tkankę ze związków mineralnych. Najważniejsze składniki materji organicznej — węgiel, wodór i tlen — rośliny pobierają z powietrza i wody; w rozdziale o węglu poznaliśmy tak bardzo doniosłe dla życia rośliny zjawisko asymilacji, albo przyswajania węgla z dwutlenku węgla, czemu towarzyszy wiązanie wodoru i tlenu, czerpanych w postaci wody z otoczenia. Obok, tego niezbędne dla rośliny są związki potasu, fosforu, azotu, magnezu, żelaza, wapnia, siarki i wielu innych. Niektóre pośród wymienionych związków mineralnych, jak magnezowe, żelazowe, siarkowe, wapniowe, znajdują się w uprawnej ziemi, czyli w glebie, w takiej ilości, iż ich roślina prawie nigdy wyczerpać nie zdoła. Natomiast związki azotu, fosforu i potasu w stanie zdatnym na po-

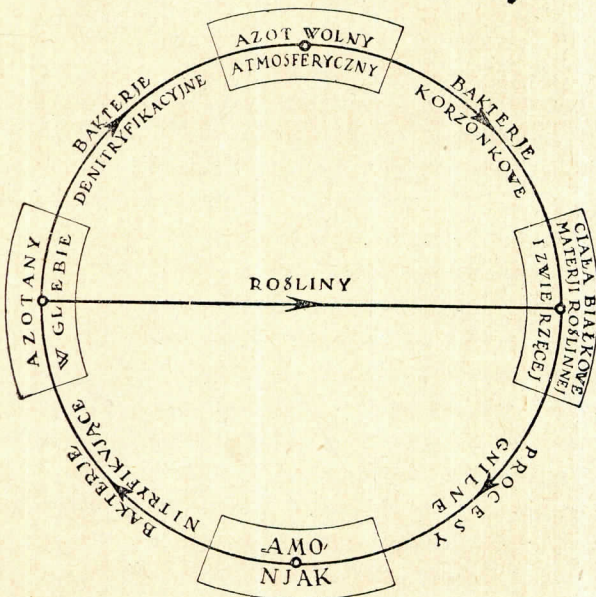
karm dla rośliny niezawsze znajdują się w glebie w dostatecznej ilości. Gleba ubożeje w te związki, wyjąławszy się, skutkiem wyczerpywania z roli tych związków przez rośliny uprawne na sprzedaż; to też zachodzi konieczność zwracania ich glebie pod postacią t. zw. nawozów. Postaramy się naprzód określić, w jakiej postaci znajdują się w glebie związki azotu, fosforu i potasu.

Azot. Materja organiczna, dostawszy się w postaci odpadków roślinnych czy zwierzęcych do roli, zamienia się po pewnym czasie w masę, zwaną próchnicą; próchnica przez utlenienie przeobraża się wkońcu w dwutlenek węgla, wodę i sole kwasu azotowego, które to ciała posłużą za pokarm dla nowego pokolenia roślin.

Przeobrażenia te są wynikiem działalności małych istot, czyli drobnoustrojów, objętych ogólną nazwą bakteryj bądź mikrobów; są one rozpowszechnione we wszystkich rodzajach ziem uprawnych, a ich żywienie się, rozmnażanie, życie i śmierć podlegają prawom podobnym do tych, jakie rządzą lepiej nam znanymi organizmami wyższymi. By zrozumieć doniosłość roli, jaką spełniają te drobnoustroje, wystawmy sobie, że działalność ich została wstrzymana: powierzchnię ziemi okryłyby wówczas martwe organizmy roślin i zwierząt, gdyż zjawisko powolnego utlenienia, gnicia, bez udziału tych drobnoustrojów ustałoby musiało.

Pewne bakterje pośredniczą przy pobieraniu przez roślinę pokarmów azotowych; gdy jedno z tych małych organizmów w glebie powodują rozpad ciał białkowych, to inne znów kończą ten proces, wwołując tworzenie się azotanów. Zjawisko przemiany organicznej materji azotowej (np. białkowej) na azotany nazywamy nitryfikacją. Ponieważ azotany stanowią prawie jedyne związki, pod postacią których rośliny czerpią niezbędny im do życia azot, więc też żyzność gleby jest ściśle związana z obecnością azotanów.

Zauważmy wszakże, że w pewnych wypadkach inna znów grupa mikrobow prowadzi jakby dzieło zniszczenia: ze związków azotowych uwalnia azot, który musiałby być stracony dla roli; zjawisko to nazywamy denitryfikacją. Takiemu zubożeniu gleby w związki azotowe zapobiega wszakże działalność jeszcze innej kategorii bakteryj; umieją one wiązać azot gazowy, czyli, zabierając



Rys. 128. Krążenie azotu w przyrodzie.

azot wolny z powietrza, łączyć go z węglem, wodorem tlenem i in. i tak wytwarzać związki, przyswajalne dla rośliny. Bakterje te osiedlają się wewnątrz korzeni zielonych roślin, wywołując w miejscach przez nie opanowanych znaczne zgrubienia w postaci dość dużych nieraz brodawek. Obydwa organizmy, bakterji i rośliny, w takim współżyciu oddają sobie wzajemne usługi: bakte-

ria bierze od rośliny węglowodany, obdarzając roślinę związkami azotu. To współżycie z bakterjami azotowymi spotykamy niemal wyłącznie u roślin motylkowych, jak groch, lubin, konieczyna i t. p. Przebieg zmian, którym ulega azot w przyrodzie, wyobraża załączony rys. 128.

Z obszarów ziemi uprawnej zabieramy corocznie w plonach zbóż, buraków, kartofli, znaczne ilości azotu; przewyższają one zawsze te zasoby związków azotowych, jakie zwracamy roli w oborniku, tak iż rola ubożeje w te związki. Ażeby utrzymać żyzność ziemi, rolnik musi uciekać się do nawożenia, posługując się bądź t. zw. nawozami zielonemi, bądź saletrą.

Fosfor. Pierwiastek ten, jak to już wiemy z rozdziału o tlenie, łatwo łączy się z tlenem, wydając odpowiedni tlenek fosforu, który za dodaniem wody tworzy kwas fosforowy. W przyrodzie występuje dość pospolicie sól tego kwasu, mianowicie sól wapniowa, którą nazywamy też fosforanem wapniowym, podobnie, jak mówimy o azotanach lub siarczanach. W każdej roli spotykamy dość znaczne ilości fosforanu wapniowego; nawet rola, uważana pod tym względem za najuboższą, zawiera nieraz na jednym hektarze do 2000 kgr. kwasu fosforowego, tymczasem sprzęt zboża z hektara zabiera zaledwie 100 kg. Czemuz więc glebę taką nazywamy ubogą w fosfor, mimo tak wielkiej obfitości w niej tego ciała? Otóż ubogą nazywamy taką glebę dlatego, że przeważna część zawartych w niej fosforanów jest trudno przyswajalna dla rośliny; pobierane są one przez roślinę przy współdziałaniu dwutlenku węgla i kwasów organicznych, lecz przyswajanie to jest bardzo powolne.

Jeżeli zważymy, że z powyższej ilości 100 kgr. kwasu fosforowego przypada 70 kgr. na ziarno, a 30 kgr. na słomę, to zrozumiemy łatwo, że wywołując choćby ziarno tylko poza granice gospodarstwa rolnego, które je wydało, musimy stopniowo wyjaławiać glebę. Brak kwasu fosforo-

wego sprawia, że ziarno zbóż ma mniejszy ciężar właściwy, nie mogło się bowiem należycie rozwinąć, wskutek czego dużo kłosów zaledwie się zlekka przy dojrzewaniu pochyla. Ziemiaki na takiej roli bywają mniej mączyste, a buraki mniej cukrowe.

To ubożenie gleby w związki fosforu hamowane jest poczęści przez naturalny proces wietrzenia materiału skalnego w podglebiu i podłożu; proces ten, dostarczając nowych ilości fosforu, wynagradza w ten sposób straty.

Nawożenie polega tu na wprowadzaniu do roli związków fosforu w postaci pokarmów dostępnych dla rośliny; nawozy takie, jako przyswajalne, działają szybko. Do nawozów takich należą superfosfat i tomasyna.

Potas. Pierwiastek ten posiada wiele cech wspólnych z sodem. Podobnie jak sód stale spotykamy w organizmie zwierzęcym, tak potas zawsze wchodzi w skład organizmu roślin. Sole potasowe roślina czerpie z gleby, lecz i tu, jak i w przypadku fosforu, mimo znacznej często zawartości tych soli w glebie, tylko pewna, niewielka ich część czyni zadość wymaganiom rośliny, a więc jest w postaci przyswajalnej. Plon żyta z hektara zabiera tlenu potasowego w ziarnie 18 kgr. a w słomie 36 kgr., razem więc około 50 kgr.

Brak potasu czyni zwykle słomę cieńszą, delikatniejszą. Liście buraków i nać ziemniaków są oznaczone żółtawymi plamkami, zwłaszcza po brzegach liści. Plamki te zwolna ciemnieją, aż stają się czarnymi i usychają, reszta liścia pozostaje jednak żywą. Jako sztucznego nawozu potasowego używamy kainitu.

NAWOZY NATURALNE.

Obornik. Nawożąc rolę obornikiem, mamy na widoku nie tylko zwiększenie plonu danej rośliny, lecz także podniesienie urodzajności i kultury roli przez pozostającą jeszcze po sprzętach próchnicę. Rozluźnia ona glebę, czyni

ją pulchniejszą, a przez to ułatwia krążenie w glebie powietrza. Z pośród naszych roślin uprawnych najlepiej oplacają nawożenie obornikiem okopowe, t. j. ziemniaki i buraki.

Zauważmy jednak, że w gospodarstwie zawsze sprzedajemy takie produkty, jak mleko, mięso, zboże, których wytworzenie wymagało znacznego zapasu materij odżywczych roli, a które już nie wracają do roli wraz z obornikiem; dlatego to nawożenie samym obornikiem, bez regularnego uzupełniania go nawozami sztucznymi, nie wystarcza do osiągnięcia najwyższych plonów.

Nawóz zielony. Tak nazywamy przyoranie rośliny, uprawianej na danym polu, w celu wzbogacenia roli w próchnicę i azot. Wzbogacenie roli w próchnicę osiągnąć wprawdzie można przez przyoranie jakiejkolwiek rośliny; chcąc wszakże jednocześnie z dostarczeniem próchnicy zwiększyć ilość pokarmów azotowych w roli, należy na nawóz zielony wybrać taką roślinę, która dzięki spółżyciu ze wspomnianymi wyżej bakteriami posiada zdolność żywienia się wolnym azotem powietrza, zawartego w glebie. Najodpowiedniejszym terenem dla nawozów zielonych są gleby lekkie; przyorana masa zielona czyni glebę zwężlejszą, a przez to lekkie grunta lepiej utrzymują wilgoć i nie tak łatwo wyczerpują się z zasobów pokarmowych drogą wypłókania.

Na nawóz zielony używane bywają: łubin niebieski, seradela, lucerna i inne. Łubin niebieski zakorzenia się najgłębiej, przez to spulchnia też i spodnią warstwę gleby; wydobywając z niej jednocześnie leżące beczynnienie pokarmy mineralne, wzbogaca glebę nie tylko w sam azot, lecz i w inne pokarmy.

NAWOZY SZTUCZNE.

Nawozy azotowe. Tu należą: saletra sodowa albo chilijska, oraz saletra wapniowa, zwana też nor-

weską. Saletrę sodową wydobywają z ziemi w Rzeczypospolitej chilijskiej, położonej w Ameryce Południowej. Saletrę wapniową nauczono się najpierw wyrabiać w Norwegii, gdzie też powstały największe fabryki tego nawozu. Obie te saletry wykazują jednakową skuteczność, a z powodu swej rozpuszczalności są nawozem bardzo szybko działającym. Czasami jednak cecha ta staje się wadą, gdyż rozsypaną saletrę może pierwszy lepszy deszcz ulewny z roli wypłókać, wynieść z pola do rzeki lub w przydrożne rowy, powodując poważną stratę. Obawa przed podobnem wypłókanem skłania rolnika do częściewego, to jest na parę razy podzielonego rozsypywania saletry, przeważnie w odstępach dwutygodniowych. Z jarych zbóż najlepiej oplaca saletrę owies, z okopowych zaś buraki cukrowe. Państwo Polskie posiada także własne źródło sztucznych nawozów azotowych, mianowicie w państwowej fabryce związków azotowych w Chorzowie. W 1915r. przystąpił rząd niemiecki do budowy własnej fabryki związków azotowych w Chorzowie koło Huty Królewskiej na Śląsku Górnym. Na mocy traktatu wersalskiego przeszła ta fabryka na własność skarbu Państwa Polskiego. Dnia 3 lipca 1922 objął ją imieniem Rządu Polskiego prof. I. Mościcki, a w niespełna dwa tygodnie puścił w ruch przy współudziale polskich inżynierów. Fabryka w Chorzowie wyrabia głównie t. z. azotniak, którego działanie jest nieco powolniejsze, niż działanie saletry.

Nawozy fosforowe. Superfosfat jest to nawóz fosforowy o charakterze kwaśnym. Fabryki wyrabiają go częścią z kości, głównie jednak z minerału, zwanego fosforytem. Mineral ten występuje w licznych miejscowościach, najobficiej zaś w Północnej Ameryce (Floryda); z kraju tego przywożono go do nas przed wojną. Bogate złoża fosforytów we Wschodniej Małopolsce, znajdują się w powiecie buczackim, a zwłaszcza w horodeńskim w miejscowości Niezwiska nad Dniestrem, skąd w roku 1923

po raz pierwszy użyto je do wyrobu superfosfatu, w zachodniej części Podola i na nie zapewne wkrótce zwrócą uwagę nasze fabryki superfosfatów. Zasoby fosforytów po tej stronie Zbrucza stanowią naturalne przedłużenie terenów, obfitujących w fosforyty i położonych za Zbruczem. Podolskie fosforyty mają postać ciężkich czarnych kul rozmaitej wielkości, mierzących często do 30 centymetrów w średnicy. Fosforyty zmielone na drobny proszek znajdują zastosowanie w rolnictwie, jako t. zw. mączka fosforytowa. Mączka taka działa w roli bardzo wolno, jest bowiem nierozpuszczalna w wodzie; pod wpływem dwutlenku węgla przechodzi, aczkolwiek powoli, w stan przyswajalny dla rośliny. Chcąc otrzymać z mączki takiej związki fosforowe rozpuszczalne, ogrzewamy mączkę z kwasem siarkowym. Tak właśnie fabryki wyrabiają superfosfat. Nawóz ten zawiera związek kwasu fosforowego, łatwo rozpuszczalny w wodzie, działa przeto szybko, i z tego też powodu używa się superfosfatu zwykle przy wiosennych zasiewach, aby wschodzące rośliny miały już w roli gotowy pokarm dla siebie.

Tomasówka. Nawóz ten wyrabia się z żużli, otrzymywanych przy przerobie żelaza na stal według metody Thomasa: od nazwiska tego wynalazcy pochodzi nazwa mąki żużlowej Thomasa albo tomasówki.

Związki fosforu, głównie sole wapniowe kwasu fosforowego, zawarte w tomasówce, są wprawdzie nierozpuszczalne w wodzie, lecz rozpuszczają się łatwo w słabych kwasach organicznych, jakie się wytwarzają w każdej prawie ziemi. Również korzonki roślin wydzielają z siebie pewne kwasy, mogące rozpuszczać znajdujące się w żużlach związki fosforu. Ze względu na powolne ich rozpuszczanie się rozsypują tomasówkę przy uprawie buraków, ziemniaków i wogóle zbóż jarych na kilka tygodni naprzód, a nawet już w jesieni. Nie zginie ona w ziemi, woda jej nie wypłócze, a zasiane z wiosną rośliny będą z nich

209

mogły czerpać swój pokarm. Żyto ozime, oraz pszenicę można siać razem z tomasówką bez żadnej dla roślin tych szkody.

Nawóz potasowy. Z nawozów, zawierających w sobie związku potasu, używamy przeważnie kainitu lub sztucznie skoncentrowanej, czyli stężonej soli potasowej. Kainit rozsypują na 8 do 10 tygodni przed siewem i zabronowują; zostawiony bowiem na powierzchni łatwo ją zeskorpia, co jest bardzo niepożądane. Sól skoncentrowaną można rozsiewać wraz z ziarnem. Z dobrym skutkiem stosują też nawóz potasowy, jako t. z. pogłówny, przy uprawie ziemniaków i buraków, t. j. w redliny między znacznie już wyrosnięte wspomniane okopowe.

Ciekawe jest zestawienie zapotrzebowania nawozów potasowych w ostatnich latach przed wielką wojną na ziemiach Polskich, pozostających pod trzema zaborami; a więc na 100 hektarów przestrzeni uprawnej zużyto potasu rocznie:

w Księstwie Poznańskim . . .	1700 kgr.
w Królestwie Polskiem . . .	40 kgr.
w Małopolsce	50 kgr.

Tak więc w Wielkopolsce, gdzie gospodarka rolna stoi tak wysoko, stosowano 40 razy więcej nawozu potasowego, aniżeli w Małopolsce lub Kongresówce na tejże przestrzeni. Najpoważniejsi znawcy spraw rolnych u nas w odpowiedzi na pytanie, dlaczego tak często w Kongresówce czy Małopolsce nie mamy odpowiednich dochodów z gospodarstwa, utrzymują zgodnie, że największym i najcięższym błędem jest zbyt małe używanie nawozów sztucznych. Obecnie (r. 1927) wszakże widoczny jest znamienny zwrot ku lepszemu; nasze kopalnie soli potasowych w Kałuszu, oraz wielka fabryka nawozów azotowych w Chorzowie, mimo olbrzymiego wzrostu wytwórczości, nie mogą pokryć zapotrzebowania.

TECHNICZNE ZUŻYWANIE GLINY. WYROBY GARNCARSKIE.

Garncarstwo, czyli sztuka wyrabiania naczyń z gliny, znane było od bardzo dawna, sięga nawet czasów przedhistorycznych. Jako najcenniejsze wzory pod względem formy i wykończenia uważane są wszakże wyroby znacznie późniejsze, w tej liczbie greckie i rzymskie. Wyrób porcelany, znany oddawna Chińczykom, w Europie rozwinął się dopiero w 18 wieku. Opowiadają, że za czasów Augusta Mocnego na dworze saskim znajdował się pewien chemik, zajęty poszukiwaniem sposobu wyrobu złota; po chybiomych próbach w tym zakresie, udało mu się wszakże otrzymać pierwszą porcelanę z okolicznej gliny. To dało początek wyrobowi sławnej później saskiej porcelany.

Gliną powstaje przez wietrzenie skalenia.

Najczystsza odmianę gliny stanowi *kaolin*, będący gliną, pozostałą na miejscu swego powstania. Gliny, które woda wypłukała i uniosła, zawierają obok mniejszej lub większej ilości kaolinu zawsze różne domieszki w postaci okruchów skalnych; okruchy te zostały bądź porwane prądem wody ze skał, w których kaolin powstał, bądź przypadkiem dołączone po drodze. Stosownie do zawartości owego kaolinu odróżniamy gliny porcelanowe i gliny zwykłe. Kaolin jest w ogniu zupełnie nietopliwy; to też, im większa jest zawartość kaolinu w glinie, tem wytrzymalsza jest glina na działanie ognia. W Polsce w wielu miejscach znajdują się pokłady glin porcelanowych, czyli t. z. porcelanek. Gлина zwyczajna albo garncarska skutkiem licznych zanieczyszczeń, jak wapno, związki żelaza, piasek i in. jest na ogień niewytrzymała, a po wypaleniu staje się czerwoną.

Formowanie. Wszystkie rodzaje gliny są plastyczne, t. z., będąc w stanie wilgotnym, przybierają nadawaną im formę. Formowanie przygotowanej masy odbywa się albo ręcznie, czyli na stoliku garncarskim, albo w odpowiednich formach-modelach. Stół garncarski składa się z pię-

nowej osi żelaznej, podtrzymującej u góry płytę stołu w postaci poziomego drewnianego krążka, u dołu zaś zaopatrzonej w poziomą również tarczę, zapomocą której robotnik może nogą wprawić stół w szybki ruch wirowy. Położywszy na płycie stołu kawalek masy, robotnik obraca szybko tarczę, a wraz z nią i krążek, wywierając zaś odpowiednie ciśnienie na masę albo wprost palcami, albo zapomocą wykrojonego konturu (szablonu), ulepia z niej różne przedmioty. W powyższy jednak sposób formować można tylko takie przedmioty, których obwód (przekrój) poziomy jest kołem; wyroby zaś owalne, płaskie i t. p. formuje się zapomocą modeli najczęściej gipsowych.

Porcelana. Czysty kaolin, jak to już mówiliśmy, jest nietopliwy i po wypaleniu tworzy porowatą masę; wyroby z tego materiału, zwane kaolinowemi, są bardzo odporne na działanie żaru i czynników chemicznych. Tę odporność kaolinu na wysoki żar obniżyć można, dodając t. z. topników, jak kwarc, skaień, kreda. Przez wypalanie takiej mieszaniny powstaje jednolita, ścisła, a więc bez porów, bardzo twarda i przeświecająca masa; stanowi ona właściwą porcelanę. Wyrób tak otrzymany ma powierzchnię szorstką; płytka porcelanowa z taką właśnie powierzchnią służyła nam do badania rysy mineralów.

Możemy wszakże wyroby porcelanowe polewać i tak też postępujemy w większości wypadków. Porcelana służy do wyrobu naczyń stołowych, posążków, parownic, tygli, wanien, izolatorów na słupach telegraficznych i t. p.

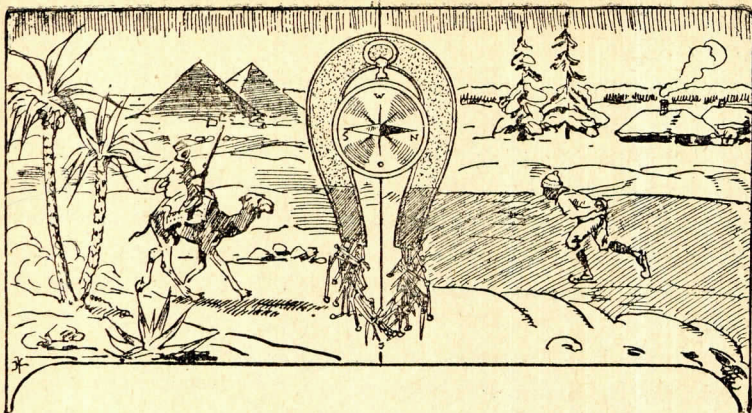
Najprostsze wyroby garncarskie, jak zwykle naczynia kuchenne, doniczki do kwiatów i t. p., wypalają się ze zwykłej gliny garncarskiej, która domieszkom związków żelaza zawdzięcza swe czerwone lub żółte zabarwienie po wypaleniu. Wyroby te bywają często bez polewy i są wtedy porowate; polewą pokrywane bywają prze-

ważnie tylko wewnątrz, przez co woda nie może w nie już wsiąkać.

Cegły, dachówki, dreny wyrabia się też z najpospolitszych rodzajów gliny, czasami przytem zachodzi potrzeba mieszania gliny z piaskiem. Najprostszy i najtańszy sposób wyrobu cegły sprowadza się do następujących czynności: ukopanie gliny, udeptanie jej nogami, ręczne uformowanie cegły, wysuszenie jej pod gołym niebem, a wreszcie wypalenie na powietrzu, czyli w t. z. piecykach polnych.

Właściwy fabryczny sposób obejmuje następujące czynności: przezimowanie gliny celem podniesienia jej urabialności, oczyszczenie, zwilżenie, rozdrabnianie z pomocą odrębnych maszyn, formowanie maszynowe, wysuszenie w szopach lub odpowiednich suszarniach, wreszcie wypalenie w umyślnie w tym celu zbudowanych piecach, w temp. około 1000°. Związki żelaza, stanowiące naturalną domieszkę zwykłych glin, po wypaleniu cegły nadają tejże czerwone zabarwienie.

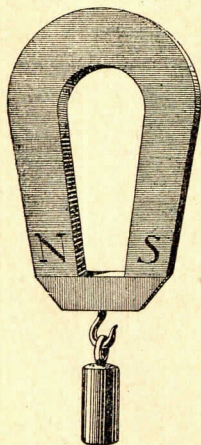
Wyrób drenów i dachówek jest bardzo zbliżony do wyrobu cegły, odbywa się wszakże wyłącznie maszynowo.



IV. MAGNETYZM.

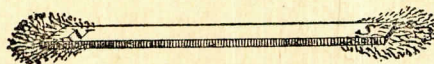
MAGNESY NATURALNE I SZTUCZNE.

Zapewne mieliście sposobność oglądania magnesu w kształcie podkowy i podziwiania jego ciekawej własności przyciągania stalówek, gwoździ, monet żelaznych i t. p. Postarajmy się obecnie bliżej i wszechstronniej zapoznać z tą jego własnością.



Rys. 129.

zawsze tylko *stal*. Na rys. 131 widzimy kamień, do którego także przylgnęły gwoździki i szpilki. Nie jest on

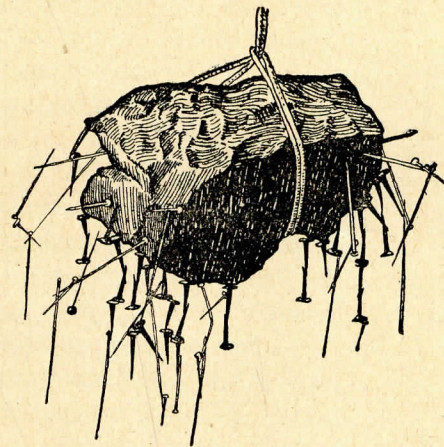


Rys. 130.

podobny do magnesów na rys. 129 i 130 zamieszczonych. Jest to jednakże tak samo magnes, lecz, tak zwany, *naturalny*.

Tak się nazywa, bo sama natura dostarcza go nam już w stanie gotowym, jako minerał dość rozpowszechniony na kuli ziemskiej, zwany magnetytem i znany nam już z rozdziałów chemji.

Ale jeszcze w jednej postaci magnes sztuczny jest dosyć dobrze znany i rozpowszechniony. Mała blaszka sta-



Rys. 131.

lowa, zaostrzona na końcach i osadzona ruchomo na pionowo sterzącym kolcu, ma własność zwracania się ku północy jednym ze swych ostrzy; jest to, tak zwana, *igła magnesowa busoli*.

Mamy ją tu dwukrotnie przedstawioną; naprzód na rys. 133, jako samą tylko igłę magnesową na podstawie; poza tem rys. 134 wyobraża busolę, t. j. okrągłe metalowe pudeleczko oszlone z umieszczoną w niem na ostrzu igielką magnesową, pod którą widzimy podziałkę na dnie

200

pudełka z zaznaczonemi na niej (w języku polskim) strónami świata.

Gdy którykolwiek z magnesów włożymy do pudełka z gwoździkami lub opilkami żelaznemi (można je dostać u ślusarzy), magnesy przyciągną jedne i drugie, jak to wskazują rysunki 130 i 132.

Jednakże nie przylgną do magnesów ani skrawki blachy miedzianej, ani też plomba ołowiana lub najlżejsza nawet moneta srebrna.

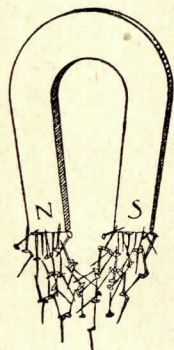
Stwierdzić możemy doświadczalnie, że przyciąganie magnetyczne występuje wyraźnie tylko względem żelaza, stali i niklu.

Czy jednak magnes przyciąga z jednakową siłą we wszystkich punktach swej powierzchni?

Zanurzcie magnes do opilek lub gwoździ, a zobaczycie, że najwięcej żelaza przylgnie na jego końcach; natomiast środkowa część przyciągania nie ujawnia.

Końce magnesu, gdzie przyciąganie występuje najsilniej, nazywamy jego *biegunami*, a środek, własności przyciągania pozbawiony, nosi nazwę *strefy obojętnej*.

A więc magnes, powiadamy, przyciąga żelazo. Weźmy jednak kawałek żelaza do ręki i zbliżmy go do jednego z biegunów igły magnesowej, przedstawionej na rys. 133. Cóż się okaże? Żelazo, zbliżone do igły, ciągnie ją ku sobie. Obracając je naokoło igły, możemy ją wprawić w ruch wirowy. Stąd wnioskujemy, że przyciąganie magnetyczne jest to działanie wzajemne, t. j. polega nie tylko na przyciąganiu żelaza przez magnes, lecz i odwrotnie, magnesu przez żelazo. Zauważmy przytem, że przyciąganie magnetyczne zachodzi doskonale przez papier, skórę, drzewo, szkło i cały sze-



Rys. 132.

209

reg innych ciał, co łatwo doświadczeniem stwierdzić możecie.

BIEGUNY MAGNETYCZNE.

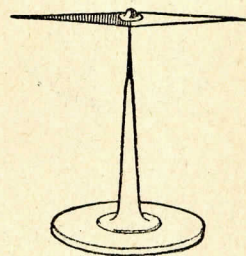
Mamy przed sobą igłę magnesową, przedstawioną na rys. 133. Jest ona w stanie spoczynku. Obróćmy ją w prawo albo w lewo, a potem, usunąwszy rękę, pozostawmy ją samej sobie. Jakiś czas waha się ona koło swego dawnego położenia równowagi, a gdy się uspokoi, zajmie dawną swą pozycję, t. j. znowuż tym samym końcem (zwykle zaznaczonym kolorem ciemnoniebieskim), co i poprzednio, zwróci się mniej więcej na północ.

A więc jeden z biegunów takiej igły, zawsze ten sam, kieruje się ku północy, przeciwny, oczywiście, zwraca się ku stronie południowej. Jest to zatem *własność stała* (wywołana t. zw. magnetyzmem kuli ziemskiej) biegunów magnetycznych, dodajmy, *własność cenna dla ludzi*.

Tak więc dwa bieguny magnesu różnią się zasadniczo pomiędzy sobą, skoro jeden z nich stale zwraca się ku północy, a drugi ku południu. Właśnie ten pierwszy nazwano *biegunem północnym*, a przeciwny — *południowym*, oznaczając je nieraz literami N. i S.

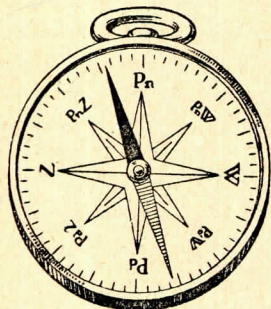
BUSOLA.

Powyższa cecha magnesów, zastosowana w busoli, pozwala żeglarzom i podróżnikom odnaleźć *kierunek stron świata* w takich razach, gdy zachmurzone sklepienie niebieskie uniemożliwia im należyte zorientowanie się według gwiazd lub słońca co do kierunku, w którym ich podróż się odbywa (rys. 134).



Rys. 133.

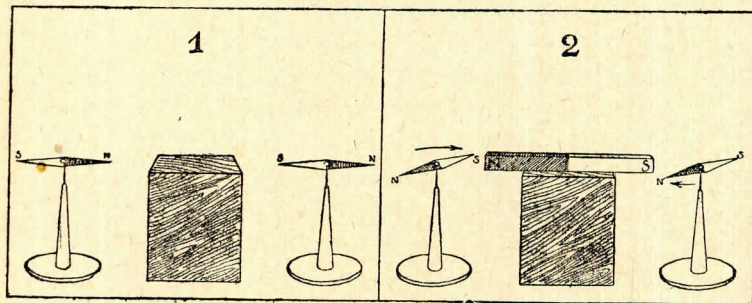
Obracajcie pudełko busoli w płaszczyźnie poziomej dotąd, aż igła magnesowa, w niej umieszczona, zajmie pozycję nad strzałką, która łączy miejsca podziałki, oznaczone literami Pn. (północ) i Pd. (południe); a wtedy pozostałe strzałki tejże podziałki wskażą nam jeszcze inne kierunki stron świata (litery Z. W. oznaczają zachód i wschód; litery Pn. Z. i Pn. W. — północo-zachód i północo-wschód i t. p.).



Rys. 134.

WZAJEMNE ODDZIAŁYWANIE BIEGUNÓW MAGNETYCZNYCH.

Do igły magnesowej, osadzonej na ostrzu (rys. 133), zbliżmy drugą taką samą, lecz trzymaną w ręku. Jeżeli zbliżone końce były biegunami jednoimiennymi (np. obydwa północne), to igła ruchoma zostanie odepchnięta, obrócona naokoło swej osi, i zwróci się ostatecznie swym przeciwnym biegunem ku igle, w ręce trzymanej.



Rys. 135.

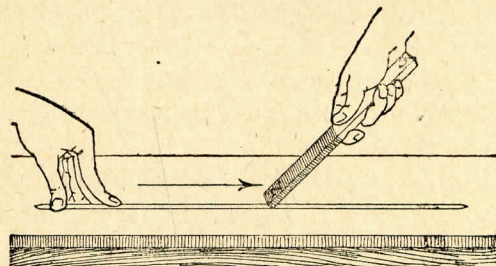
Jakiż możemy wyprowadzić wniosek z takiego zachowania się igły? Tylko taki, że jednoimienne bieguny magnesów wzajemnie się odpychają, a różnoimienne przyciągają.

Na rys. 135, mamy dwie igły magnesowe, które się ustawiły w kierunku z południa na północ. Jeśli po umieszczeniu między nimi magnesu w kształcie sztaby, bieguny ich wnet zmieniają swe dawne położenie (jak to wskazuje rys. 135₂), dowód to, że lewy koniec sztaby magnesowej jest biegunem północnym (N.), a prawy południowym (S.), ponieważ pierwszy przyciągnął ku sobie biegun południowy, a drugi — biegun północny odpowiedniej igły magnesowej.

Takie doświadczenie pozwoli nam określić bieguny pierwszego lepszego magnesu.

MAGNESOWANIE.

Postawmy jakiś czas obok siebie magnes, drut stalowy (używany np. do robót włóczkowych) i drut lub sztabkę



Rys. 136.

z miękkiego żelaza (patrz: Chemja—rozdział o gatunkach żelaza). Badając je po jakimś czasie, zauważymy, że drut stalowy przyciąga opilki żelazne, a więc stał się magnesem, przeciwnie, żelazo miękkie tych własności nie ujawnia.

A więc już pozostawanie w pobliżu magnesu wywołuje trwałe magnesowanie się stali. Jednakże w ten sposób otrzymany magnes jest słaby.

Lepsze wyniki osiągamy, magnesując stal przez po-

cieranie jej magnesem, w sposób podany na rysunku 136. Jedną połowę (na rysunku prawa) drutu stalowego pocieramy północnym biegunem magnesu, zawsze przesuwając go w jednym tylko kierunku (kierunek strzałki zaznaczonej na rys. 136) i powracając na dawne miejsce (środek drutu) nie drogą przesunięcia wstecz magnesu po drucie, lecz górą w powietrzu zdala od drutu magnesowanego. Następnie w podobny sposób wykonywamy pocieranie i drugiej połowy drutu (na rys. lewej), używając jednak bieguna południowego (S). Wystarczy powtórzyć pocieranie około 20 razy.

Drut stalowy stał się teraz prawdziwym magnesem; przyciąga opilki żelazne, gwoździe, stalówki i t. p.

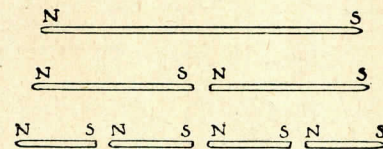
Zapomocą igły magnesowej możemy stwierdzić, iż lewa część jego posiada obecnie magnetyzm północny a prawa południowy (patrz rys. 136), czyli że na końcach drutu powstały bieguny przeciwne tym, które były użyte do ich wytworzenia.

Tak namagnesowany drut stalowy, zawieszony poziomo na cienkiej nieskręconej nici, zachowuje się podobnie do igły magnesowej.

W powyższy sposób nie potrafilibyśmy jednakże namagnesować sztaby z żelaza miękkiego. Takie żelazo ujawnia wyraźnie własności magnetyczne tylko wtedy, gdy się znajduje w pobliżu magnesu, czego przykłady mamy na rysunkach 130 i 132. Z rysunków tych widzimy, że gwoździe lub opilki żelazne nie tylko przylgnęły do magnesu, lecz przyciągnęły się i pomiędzy sobą, bo każdy z nich stał się tam w sąsiedztwie magnesu również magnesem. Właśnie końce dwu różnych, przylegających do siebie gwoździ lub opilek są obecnie biegunami przeciwnymi, które się też wzajemnie przyciągają; gdy tylko odsuniemy te gwoździe i opilki od magnesu, to rozsypią się one, bo oddalone od niego stracą (prawie zupełnie) swe własności magnetyczne.

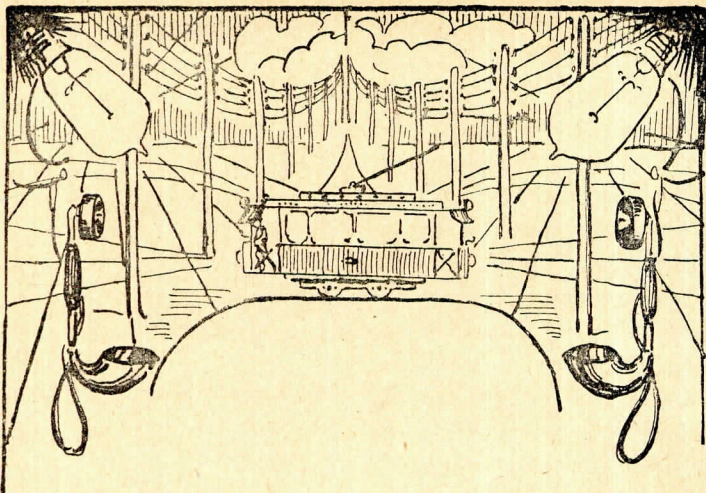
W ostatnich przykładach poznaliśmy zasadniczą różnicę w zachowaniu się żelaza miękkiego i stali wobec magnesu. Ze względu na tę różnicę magnesy sztuczne mogą być tylko ze stali. Dziś magnesy najłatwiej otrzymujemy nie przez pocieranie, lecz przy pomocy prądu elektrycznego, jak o tem będzie mowa później.

Gdybyśmy połamali na kawałki otrzymany przez nas drucik namagnesowany, toby się okazało, iż każdy z tych kawałków, chociażby nawet bardzo mały, jest magnesem zupełnym,



Rys. 137.

t. j. posiada obydwa bieguny (rys. 137). Takie spostrzeżenie rzuca nam pewne światło na zagadkową budowę magnesu i pozwala przypuszczać, że każdy magnes jest utworzony jakby z wielkiej ilości pojedynczych zupełnych magnesów.



V. ELEKTRYCZNOŚĆ.

Któż z was dzisiaj nie słyszał o różnych wspaniałych zastosowaniach elektryczności, jak telegraf, telefon, światło elektryczne, tramwaje elektryczne i inne mniej lub więcej zadziwiające wynalazki oparte o własności prądu elektrycznego.

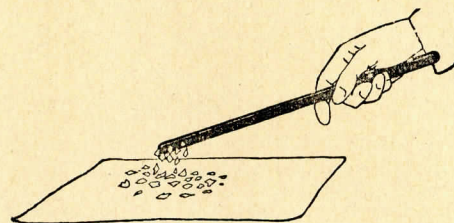
Pierwsze jednak zapoznanie się z elektrycznością zaczęło się od niezmiernie prostego doświadczenia z kawałkiem bursztynu jeszcze przed dwoma tysiącami lat.

Doświadczenie to powtórzymy, biorąc w miejsce bursztynu kawałek kauczuku.

CIAŁO NAELEKTRYZOWANE.

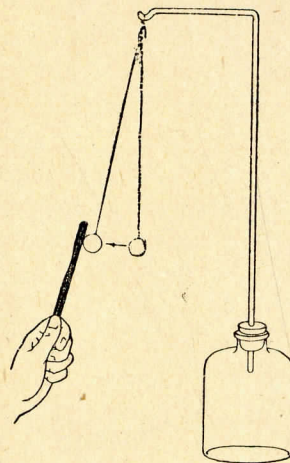
Weźcie laseczkę z twardego kauczuku, tak zwaną ebonitową, lub grzebień z takiegoż materiału; potrzyjcie je mocno o kawałek sukna (a więc np. o ubranie) czy jedwabiu, a łatwo dostrzeżecie, że nabiorą one ciekawej własności, mianowicie przyciągać będą skrawki

ciał lekkich jak np. słomek, piórek, kawałeczków papieru i t. p. (rys. 138).



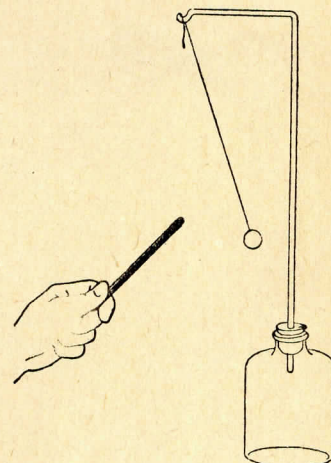
Rys. 138.

Dośkonale takie doświadczenie uda się wam i z bursztynem, kawałkiem laku albo pałeczką szklaną, byle uprzednio były w suchym miejscu.



Rys. 139.

Laseczka ebonitowa naelektryzowana przyciąga wahadelko.



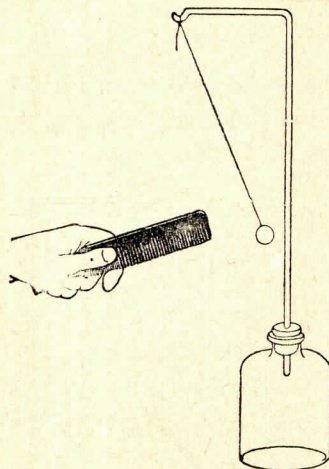
Rys. 140.

Laseczka ebonitowa naelektryzowana odpycha wahadelko, które z początku przyciągała.

Jeszcze wyraźniej tę własność przyciągania można zauważyć, posługując się tak zwanym wahadłem elektrycznym. Jest to lekka mała kuleczka

(o średnicy 5 mm.), wycięta z wysuszonego rdzenia dzi-
kiego bzu lub słonecznika i zawieszona na jedwabnej
nitce (dlaczego na jedwabnej, wkrótce sami zrozumiecie);
nitkę przymocowujemy do pręcika na podstawie, jak to
wskazuje rysunek 142.

Zaletą takiej kuleczki jest jej bardzo mały ciężar,
a tego nam właśnie potrzeba w naszych doświadczeniach.
Gdy zbliżymy do takiego wahadła którekolwiek z wy-



Rys. 141. Grzebień ebonitowy naelektryzowany odpycha wahadło, które w pierwszej chwili przyciągał.

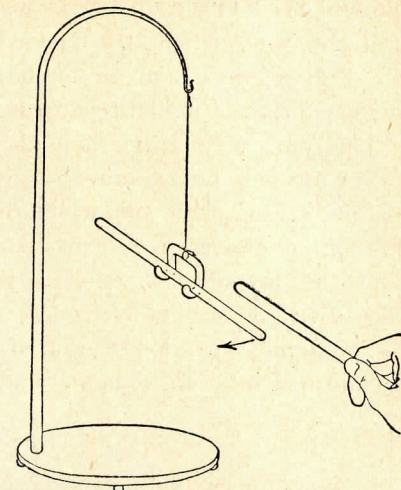
mówimy, że są naelektryzowane (rys. 139, 140, 141).

Słowa *naelektryzowany*, *elektryczność* i inne podobne powstały z tego powodu, że powyższe zjawisko zauważyli starożytni Grecy po raz pierwszy właśnie u bursztynu, który po grecku nazywa się «*elektron*».

Zbadajmy jednak dokładniej zachowanie się każdej z pałeczek, a mianowicie własność przyciągania i odpychania. Pałeczkę szklaną, potartą suknem, umieszczamy

z wyżej wymienionych ciał po uprzednim natarciu ich suk-
nem, to wahadło wnet zostaje przez nie przyciągnięte, po chwili jednak jest już przez te same ciała odpychane. Z tego przykładu tak samo, jak i z przyciągania skrawków papieru, mamy prawo wnosić o zjawieniu się jakiejś nowej własności w kauczuku, szkłe, bursztynie lub laku, której te ciała przed potarciem nie posiadały. O takich ciałach, które chociażby tylko na czas krótki zyskały powyższą zdolność przyciągania, czy odpychania,

na lekkim wieszadelku, zrobionem z laseczki szklanej i umocowanem na nitce u statywy (rys. 142). Jeśli teraz do tak osadzonej pałeczki zbliżymy drugą szklaną, również naelektryzowaną przez potarcie, to od razu zauważymy, że pierwsza zaczyna się oddalać (odpychać) od tej, którą trzymamy w ręku. Weźmy teraz do ręki naelektryzowaną laseczkę kauczkową, a będzie ona, przeciw-

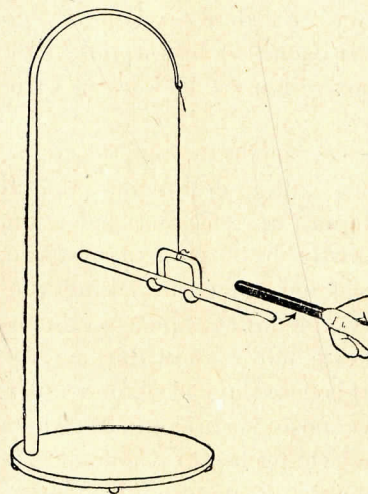


Rys. 142. Dwie laseczki szklane naelektryzowane odpychają się wzajemnie.

nie, przyciągać zawieszoną pałeczkę szklaną (rys. 143), i odpychać ebonitową, jeśli taką zamiast szklanej umieścimy na wieszadelku.

DWA RODZAJE ELEKTRYCZNOŚCI.

Z doświadczeń powyższych wynika, że rodzaje elektryczności, wytworzone na kauczuku i szkłe przez potarcie ich tem samym ciałem, mianowicie suk-
nem, nie są jednakowe; elektryczności bowiem na kauczuku i szkłe wzajemnie się przyciągają, natomiast dwie jed-



Rys. 143. Naelektryzowane laseczki, szklana i ebonitowa, wzajemnie się przyciągają.

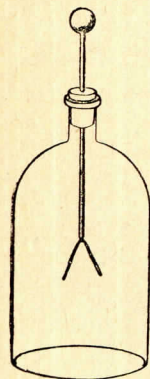
nakowe elektryczności, wytworzone na dwu kawałkach ebonitu lub szkła, odpychają się.

Z biegiem czasu przekonano się, że i inne ciała również dają się naelektryzować przez potarcie. Jednakże w każdym wypadku naelektryzowania jakiegoś ciała okazywało się, że zachowuje się ono albo jak naelektryzowane szkło, albo też własności jego odpowiadają własnościom naelektryzowanego kauczuku.

Stąd też utwierdzono się w przekonaniu, że istnieją tylko dwa rodzaje elektryczności, mianowicie: elektryczność, dawniej zwana szklaną, dzisiaj dodatnią, i elektryczność żywiczna, obecnie nazywana ujemną.

ELEKTROSKOP.

Znacznie wygodniejszym od wahadelka przyrządem do badania ciał naelektryzowanych jest elektroskop. Jest to butelka (około litra pojemności), zaopatrzona w korek ebonitowy lub parafinowy, przez który przechodzi pręcik metalowy. Na dolnym końcu tego pręcika są zawieszone leciutkie płatki bibulki, które noszą nazwę listków elektroskopu (rys. 144).



Rys. 144.

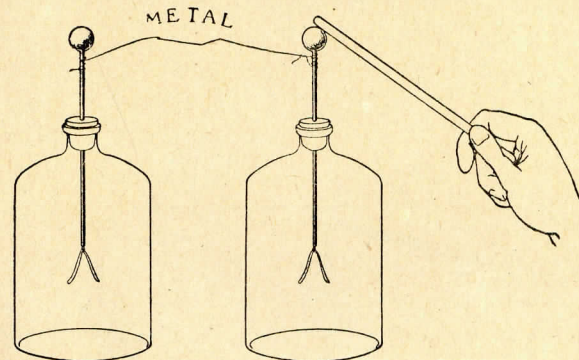
Gdy górnej części pręta, zwykle zakończonej metalową galką, dotkniemy ciałem naelektryzowanym, np. szklaną paleczką, która przed chwilą była potarta o sukno, to listki elektroskopu ulegną mniej lub więcej silnemu rozchyleniu. Czemże wytłumaczemy sobie takie ich zachowanie się?

Skoro listki odskakują od siebie w chwili, gdy elektryczność zostaje im udzielona (przy pośrednictwie pręta), to widocznie zachodzi pomiędzy nimi odpychanie. Z poprzedniego przypominamy sobie, że dwie elektryczności jednakowego rodzaju odpychają się, a więc listki dlatego się rozchyliły,

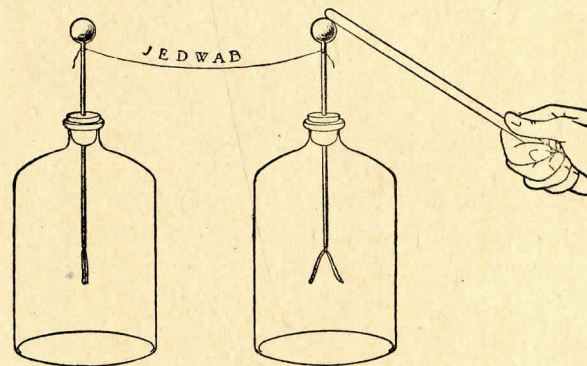
że obydwa otrzymały jednakową elektryczność od ciała naelektryzowanego (np. laseczki szklanej), którem dotknęliśmy galki elektroskopu.

DOBRE I ZŁE PRZEWODNIKI ELEKTRYCZNOŚCI.

Weźmy obecnie dwa takie elektroskopy (rys. 145) i połączmy jeden z drugim zapomocą np. drucika żelaz-



Rys. 145.

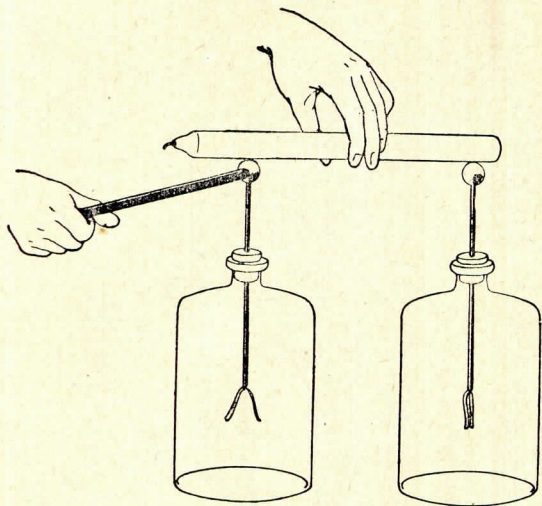


Rys. 146.

nego. Dotknijmy galki jednego z nich laseczką naelektryzowaną, a odrazu zauważymy, że listki rozchyliły się

nietylko w bezpośrednio dotkniętym, lecz i w tym drugim. Stąd nasuwa się nam wniosek: żelazo dobrze przewodzi elektryczność.

Usuńmy drucik żelazny i zastąpmy go nitką jedwabną (rys. 146). Dotknąwszy naelektryzowaną laseczką (szklaną lub ebonitową) jeden z tak połączonych elektroskopów, tylko w nim samym będziemy mogli zaobserwować rozchylenie listków; drugi żadnego poruszenia listków nie ujawni.



Rys. 147. Parafina — zły przewodnik elektryczności.

Co powiemy w takim razie o jedwabiu, o jego zdolności do przewodzenia elektryczności? Naturalnie doświadczenia te przekonały nas, że żelazo jest dobrym, a jedwab złym przewodnikiem elektrycznym. Teraz rozumiemy, dlaczego to wahadelko elektryczne trzeba było zawieszać na nici jedwabnej. Jedwab umożliwiał nam zatrzymanie elektryczności na kuleczce wahadelka i zapobiegał uchodzeniu jej i rozpraszaniu się po innych ciałach.

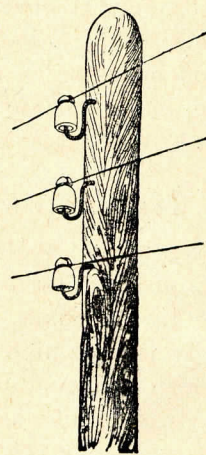
Gdybyśmy zamiast żelaza użyli do doświadczenia

drzewa, nici bawełnianej czy lnianej, albo też całego szeregu metali, jak mosiądz, miedź, ołów, cyna, srebro i t. p., to łatwo moglibyśmy stwierdzić, że wszystkie te ciała (a szczególnie metale) są dobrymi przewodnikami elektryczności. Dla przesyłania też jej na odległość zwykle posługujemy się drutami, np. w telegrafii, telefonach, przy oświetleniu elektrycznym i t. p. Przeciwnie, łącząc naładowany (to znaczy naelektryzowany) elektroskop z nie-naładowanym przy pomocy szklanej rurki ebonitowej lub lakowej paleczki, wełnianej nici lub parafinowej świecy, zauważymy, że ciała te nie umożliwiają przejścia elektryczności z jednego elektroskopu na drugi, są więc zlemi jej przewodnikami. W technice i w życiu codziennym nazywają je często z cudzoziemską «izolatorami» (rys. 147)

ZASTOSOWANIE ZŁYCH I DOBRYCH PRZEWODNIKÓW ELEKTRYCZNOŚCI.

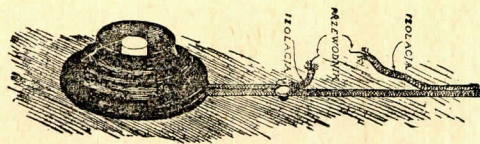
Obserwowaliście zapewne sposób umocowania drutów telefonicznych lub telegraficznych na wysokich słupach, na których są one rozpięte. Zauważyliście, że druty nie są przy-czepione wprost do słupów, lecz owi-nięte naokoło odpowiednich galek porcelanowych lub szklanych. Dlaczego? Szkło a również i porcelana źle przewo-dzą elektryczność; otóż chcąc zapo-biec uchodzeniu jej po słupach do zie-mi, druty, któremi ona przepływa, osa-dzamy na szkłe lub porcelanie.

Zastosowanie złych a także i do-brych przewodników spotykamy w każ-dej instalacji elektrycznej, w każdym drucie od dzwonka elektrycznego lub oświetlenia. A więc w środku sznurów elektrycznych mamy zwykle drut mie



Rys. 148.

dziany, czyli dobry przewodnik elektryczności dla przesyłania jej na mniejszą lub większą odległość. Zewnętrzna



Rys. 149.

warstwę sznura stanowi bawelna, przesycona parafiną, lub nieraz i rurka gumowa, które go chronią od utraty przepływającej w nim elektryczności (rys. 149).

CIAŁO LUDZKIE, JAKO PRZEWODNIK ELEKTRYCZNOŚCI.

Dotknijmy palcem elektroskopu, który przed chwilą został naelektryzowany przez zetknięcie z paleczką, potartą o sukno, i miał wobec tego listki rozchylone. Jeśli w tej chwili od ziemi nie byliśmy odosobnieni zapomocą jakiegokolwiek izolatora, to listki, dotąd oddalone od siebie, natychmiast opadają, czyli elektryczność odrazu opuszcza elektroskop, albo, jak zwykle mówimy w takich razach: «odechodzi przez nasze ciało do ziemi». Stąd wnioskujemy, że ciało ludzkie jest lepszym przewodnikiem elektryczności niż szkło, parafina, porcelana i t. p.

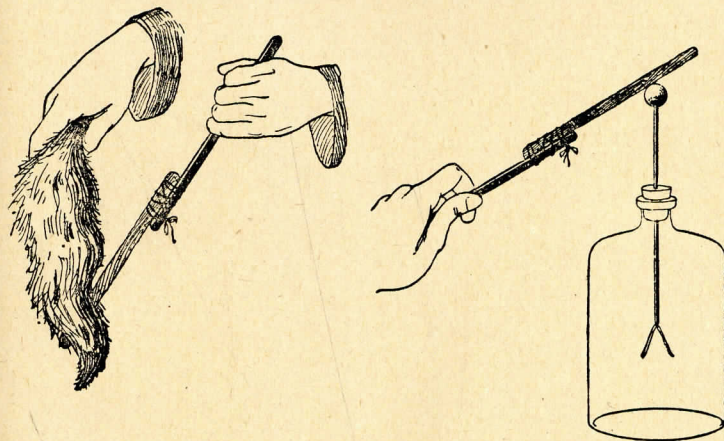
WPLYW WILGOCI NA PRZEWODNICTWO ELEKTRYCZNE.

Woda, zwilżając ciała, czyni je lepszymi przewodnikami. Spróbujmy połączyć dwa elektroskopy wilgotną nitką jedwabną (podobnie jak na rysunku 145), a wtedy, gdy jeden z nich zostanie naelektryzowany, odrazu i u drugiego zauważymy rozchylenie listków; tak więc sucha nie jedwabna nie jest dobrym przewodnikiem elektryczności, natomiast wilgotna przewodzi dobrze. Również suchy papier, drzewo, ziemia lub powietrze przewodzą elek-

tryczność gorzej od wilgotnych. Teraz zrozumiemy, dlaczego się nie udają doświadczenia z elektrycznością, gdy w pokoju, w którym je robimy, jest chłodno i wilgotno. Wtedy bowiem wszystkie złe przewodniki, a szczególnie szkło, wilgotnieją na swej powierzchni, stając się przez to lepszymi, niż poprzednio, przewodnikami elektryczności. Skutek zaś jest taki, że nie można nagromadzić elektryczności na żadnym z przyrządów, bo odrazu z nich odpływa ona do ziemi.

WSZYSTKIE CIAŁA PRZEZ POTARCIE DAJĄ SIĘ NAELEKTRYZOWAĆ.

Z tego, czegośmy się dotąd o elektryczności dowiedzieli, wynika, że na przecie z dobrego przewodnika, trzymanym w ręku, nie dałoby się zachować elektryczności;



Rys. 150. Paleczka drewniana, osadzona na izolatorze, elektryzuje się przy uderzaniu jej futrem.

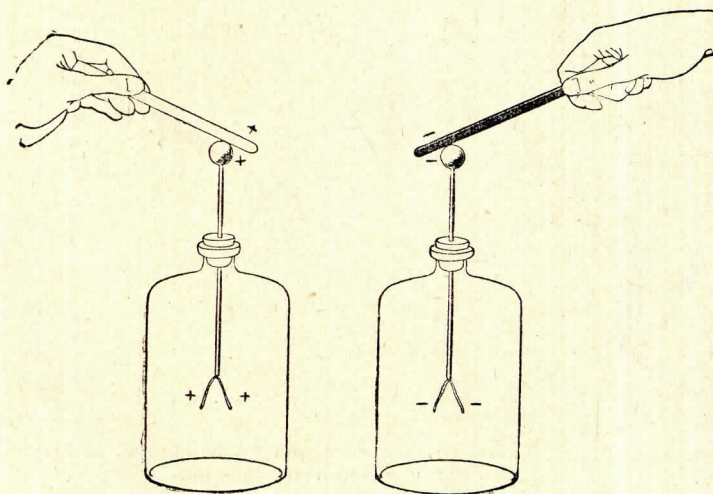
albo, jak nieraz mówimy, naboju czy ładunku elektrycznego, ponieważ uchodziłby on zaraz przez nasze ciało do ziemi. Dawniej sądzono, iż tylko takie ciała, jak bursztyn, szkło, siarka i inne złe przewodniki elektryczności, dają się

elektryzować przez pocieranie, bo dobre przewodniki pomimo tarcia o sukno naelektryzowania nie wykazywały.

Zastanówmy się jednak, czy elektryczność, nawet gdyby się tu wytworzyła, mogłaby pozostać, skoro przy elektryzowaniu trzymano przewodniki te w rękę, a więc nie oddzielano ich od ciała i ziemi zapomocą izolatorów. Naturalnie nie. Gdy potem osadzano którykolwiek z przewodników na izolatorze, na przykład przywiązując pręcik drewniany do pałeczki szklanej lub ebonitowej, okazywało się, że można go tak samo naelektryzować przez potarcie jedwabiem, suknem, futrem lub innymi podobnymi ciałami (rys. 150).

DWIE ELEKTRYCZNOŚCI ZNAKU PRZECIWNEGO ZEBRANE NA TYM SAMYM PRZEWODNIKU.

Nie próbowaliśmy jednak dotąd skupić dwóch róż-



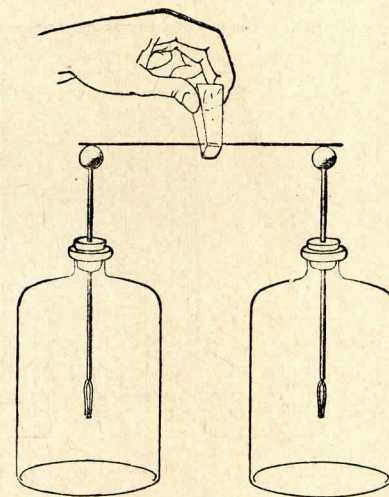
Rys. 151.

nych elektryczności (dodatniej i ujemnej) na tym samym przewodniku. Jakiż skutek miałoby w tym wypadku

umieszczenie dwóch odmiennych ładunków na takim ciele w zakresie którego obydwa te rodzaje doskonale mogą się z miejsca na miejsce przenosić?

Odpowiedź na to da nam doświadczenie. Dwa elektroskopy elektryzujemy jednakowo silnie, to znaczy, staramy się uzyskać jednakowo wielkie rozchylenie listków w każdym z osobna, lecz przy pomocy różnych elektryczności: jeden — dotykając pałeczka szklana, a drugi — ebonitową (rys. 151). Następnie bierzemy pręcik metalowy takiej długości, żeby mógł on dotykać jednocześnie galek obydwu obok siebie ustawionych elektroskopów. Ta ki pręcik osadzamy w kawałku parafiny, a to w celu izolowania go to jest oddzielenia od naszej ręki złym przewodnikiem elektryczności.

Łączymy teraz oba naelektryzowane elektroskopy przy pomocy wspomnianego drutu tak, jak to wskazuje rysunek 152. Listki opadają



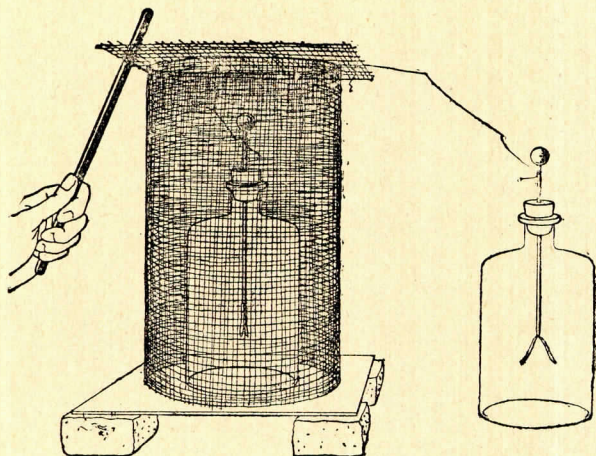
Rys. 152.

w jednym i drugim elektroskopie jednocześnie, czyli każdy z nich przestał być naelektryzowanym. Przez rękę naszą i ciało ładunki ująć do ziemi nie mogły, bo przeszkodą w tem był izolator, przymocowany do drutu łączącego; to też tylko jeden pozostanie nam wniosek, streszczający się w zdaniu:

Dwie elektryczności przeciwnego znaku, lecz równe sobie ilościowo, zebrane na przewodniku, znoszą się wzajemnie, wytwarzając stan bezelektryczny.

SIEDLIŚKO ŁADUNKU ELEKTRYCZNEGO,

Każdy przewodnik, osadzony na podstawach szklanych, porcelanowych, czy też poprostu na kawałku parafiny, możemy naelektryzować trwale, a więc nagromadzić w nim pewną ilość, jak mówimy, ładunku elektrycznego. Ale gdzież jest siedlisko tego ładunku? Czy znajduje się on wewnątrz tych przewodników, czy też na ich powierzchni zewnętrznej, a może tu i tam?



Rys. 153.

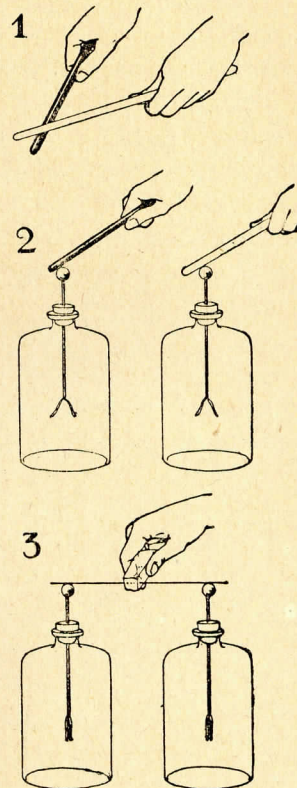
Proste doświadczenie łatwo objaśni nas w tym względzie. Na kawałku blachy, położonej na parafinie, umieszczamy elektroskop, który otaczamy walcem z siatki drucianej, przykrywając go również kawałkiem tejże siatki. Siatka żelazna jest połączona drucikiem z prętem elektroskopu, jak to wskazuje rysunek 153. Zewnątrz siatkę łączymy z drugim elektroskopem. Gdy siatkę zaczniemy ładować elektrycznością, okaże się, że tylko elektroskop, stojący na stole, a więc z *zewnętrzną powierzchnią* siatki złączony, wykazuje rozchylenie, gdy listki w siatce za-

mkniętego pozostają nieruchome pomimo coraz silniejszego jej elektryzowania. Wynika stąd ciekawa i ważna własność przewodników naelektryzowanych, polegająca na tem, że ładunek elektryczny, który im dostarczamy, gromadzi się wyłącznie na ich powierzchni zewnętrznej.

CZY PRZY POCIERANIU DWÓCH CIAŁ O SIEBIE ELEKTRYZUJE SIĘ TYLKO JEDNO Z NICH CZY TEŻ OBYDWA?

Dotąd mówiliśmy i stwierdzaliśmy doświadczalnie, że szkło, potarte o sukno, elektryzuje się dodatnio, a ebonit, przeciwnie — ujemnie. Czy jednak samo sukno, pocierane o te dwa ciała, nie otrzymywało żadnego ładunku elektrycznego? Czy zatem wogóle przy tarcu jednego ciała o drugie elektryzuje się tylko jedno z nich i tylko jeden jakiś rodzaj elektryczności powstawać może?

Weźmy dwie laseczki — ebonitową i szklaną (nienaelektryzowane), potrzymajmy jedną o drugą i potem każdą z osobna dotknijmy do innego elektroskopu. Dotknięcie każdej z nich wywoła rozchylenie listków odpowiedniego elektroskopu rys. 154. 1, 2, 3. Połączmy teraz elektroskopy zapomocą drutu, zaopatrzonego w rączkę z izolatora, a zobaczymy, że listki opadają w obydwu



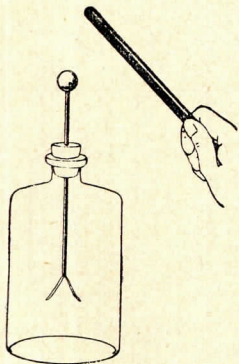
Rys. 154.

elektroskopach, i stan elektryczny na nich zanika. Niewątpliwie elektroskopy były obdarzone w równej części ładunkami znaku przeciwnego, a więc na laseczkach szklanej i ebonitowej przez wzajemne ich pocieranie zostały wytworzone dwie różne elektryczności.

Przerabiając podobne doświadczenie z całym szeregiem innych ciał, moglibyśmy się przekonać, że jedno z dwu ciał pocieranych elektryzuje się wprost przeciwnie, niż to drugie, o któreśmy je pocierali. A więc gdy mówimy: «szkło przy potarciu o sukno elektryzuje się dodatnio», oznacza to jednocześnie, że samo sukno otrzymuje wtedy ładunek ujemny. Odwrotnie, przy pocieraniu np. ebonitu również o sukna, sukno elektryzuje się już dodatnio, ponieważ na ebonicie powstaje ładunek ujemny.

INDUKCJA ELEKTRYCZNA.

Dotąd poznaliśmy tylko jeden sposób zaopatrywania ciał w ładunki elektryczne. Polegał on, jak wiemy, na pocieraniu ich o siebie.



Rys. 155.

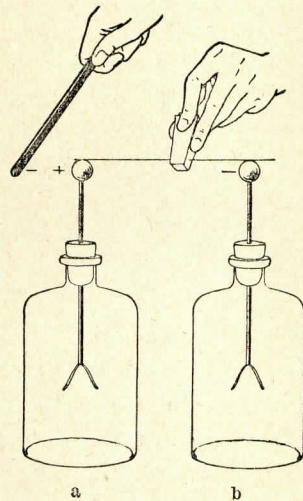
Inny sposób, którym się obecnie zajmujemy, jest to tak zwana indukcja elektryczna. Zbliżymy (nie dotykając) laseczkę ebonitową naelektryzowaną do elektroskopu nienaładowanego (rys. 155). Listki jego się rozchyliły, a więc powstał na nich ładunek elektryczny, który jednakże istnieje tylko dotąd, dopóki laseczka ebonitowa znajduje się w pobliżu. Z chwilą znaczniejszego oddalenia laseczki listki elektroskopu od razu opadają, czyli on

sam przestaje być naelektryzowanym. Przy ponownym zbliżeniu laseczki to samo zjawisko na nowo się powtarza

Dla bliższego zbadania tego zjawiska używamy dwóch elektroskopów (a) i (b), połączonych ze sobą drutem zaopatrzonym w ręczkę izolującą. Również i w tym wypadku listki obydwu elektroskopów ulegną rozchyleniu, skoro tylko do jednego z nich (a) zbliżymy laseczkę naelektryzowaną (rys. 156); opadną zaś, gdy ją oddalimy. Ale w tym doświadczeniu łatwo nam będzie zbadać elektryczność, powstającą na elektroskopach podczas przesuwania do nich ciała naelektryzowanego.

Okazuje się przedewszystkiem, iż można zachować na stałe rozchylenie listków, a więc ich ładunki, o ile przed usunięciem zbliżonej do nich laseczki wycofamy, trzymając za ręczkę izolującą, drut, który dotąd łączył obydwa elektroskopy. Wtedy pomimo usunięcia ciała naelektryzowanego ładunki elektryczne nie znikają z listków.

Żeby się dowiedzieć, jaki rodzaj elektryczności jest na każdym z tych elektroskopów, bierzemy osadzoną na izolatorze t. zw. kuleczkę próbną*). Dotknąwszy nią laseczki ebonitowej, używanej przed chwilą, przykładamy kuleczkę następnie do galki elektroskopu (a), który w czasie naszego eksperymentu znajdował się bliżej naelektryzowanego ebonitu.



Rys. 156.

*) Kuleczka próbna służy do przenoszenia niewielkich ilości elektryczności z jednego ciała na drugie. Jest to kulka metalowa, osadzona na szklanej bagietce, pokrytej szelakiem (lub na jakim innym izolatorze).

Pod wpływem takiego dotknięcia, powtarzanego kilkakrotnie, o ile za pierwszym razem wynik był słaby, listki tego elektroskopu (*a*) zaczynają zmniejszać swoje rozchylenie, a nawet mogą opaść zupełnie (zależy to od wielkości kuleczki próbnej). Na cóż to jednak wskazuje? Wszak przy pomocy kuleczki próbnej, która była chwilowo w zetknięciu z naelektryzowanym ebonitem, dostarczyliśmy elektroskopowi nowego ładunku ujemnego (ebonit był naelektryzowany ujemnie), a jednak jego listki zmniejszyły swoje rozchylenie. Wnosimy stąd, że dostarczany przez kuleczkę ładunek jest przeciwnego znaku, niż ten, który się początkowo wytworzył na listkach tego elektroskopu, gdyśmy doń zbliżyli ebonitową laseczkę. Wiemy przecież, że tylko elektryczności znaku przeciwnego znoszą się wzajemnie, o ile się znajdują na tym samym przewodniku.

Powtórzmy to samo postępowanie, ale w zastosowaniu do drugiego (*b*), dalszego od laseczki elektroskopu. Tu spotkamy się z objawami wręcz przeciwnymi. Przy każdym dotknięciu próbną kuleczką listki jego coraz bardziej rozchylać się będą. To nas utwierdza w przekonaniu, że na dalszym (*b*) z elektroskopów powstała elektryczność tego rodzaju, albo, jak zwykle mówimy, tego samego znaku, co i na ebonitowej laseczce.

Gdybyśmy doświadczenie z indukcją wykonali nie przy pomocy ujemnie naelektryzowanego ebonitu, ale np. używając dodatnio naładowanej palczki szklanej, to, jak łatwo przewidzieć i sprawdzić możemy, ładunek ujemny znaleźlibyśmy na elektroskopie bliższym (*a*) a dodatni na dalszym (*b*) (rys. 157).

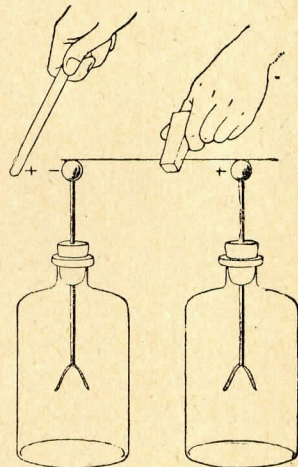
Jakże w takim razie dałoby się scharakteryzować całe to zjawisko, którym obecnie byliśmy zajęci?

Oto do przewodników izolowanych, a połączonych ze sobą (pręty elektroskopów), zbliżono inne ciało, zaopatrzone w ładunek elektryczny; wtedy każdy z wyżej

wspomnianych przewodników również stawał się naelektryzowanym. Jednakże na bliższym z nich gromadziła się elektryczność innego znaku, niż na dalszym; na dalszym powstawał ładunek tegoż rodzaju, co i elektryczność ciała zbliżonego, gdy na bliższym wytwarzała się elektryczność znaku odmiennego.

Właśnie zjawisko, polegające na tem, że ciało naelektryzowane wywołuje już samą swą obecnością powstawanie ładunków elektrycznych na ciałach doń zbliżonych (tworzących jego otoczenie) nazywamy *indukcją elektryczną*.

Nie należy przypuszczać, że w danym wypadku jakaś część elektryczności z ebonitowej laseczki przechodzi na sam elektroskop. Nie dzieje się tak dlatego, że powietrze, jako zły przewodnik, nie umożliwia takiego przejścia ładunku elektrycznego z jednego ciała na drugie. W naszym przykładzie elektryczność laseczki lub wogóle jakiegokolwiek innego ciała naelektryzowanego, które stało się przyczyną indukcji, często nazywamy indukującą albo wzbudzającą, a ładunki elektryczne, powstałe na elektroskopach, czy też innych przewodnikach, które elektryzujemy przez indukcję, określamy nazwą indukowanych lub wzbudzonych.



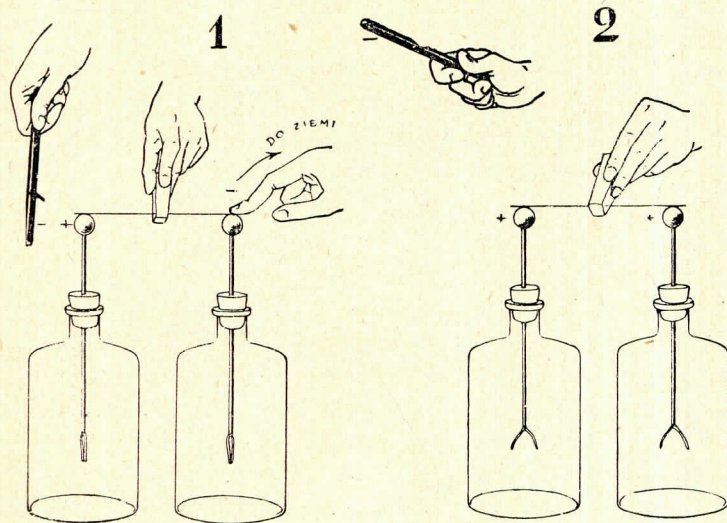
Rys. 157.

ELEKTRYCZNOŚĆ WOLNA I ZWIĄZANA.

Poznajmy jednak jeszcze jedną ciekawą stronę tego zjawiska indukcji, mianowicie różnicę w zachowaniu się

ładunków, wzbudzonych na przewodniku, wtedy, gdy go łączymy z ziemią.

Połączymy elektroskopy drutem (rys. 158 1, 2), zbliżamy naelektryzowaną laseczkę np. ebonitową: listki się rozchylają. Nie usuwając ebonitu, dotykamy na chwilę palcem któregoś z elektroskopów; listki wnet opadają. Gdy teraz usuniemy laseczkę, a potem i drut łą-



Rys. 158.

czący, otrzymamy rozchylenie listków w obydwu elektroskopach; ładunek, który to rozchylenie sprawił, będzie u obu elektroskopów dodatni, czyli wprost przeciwny zebranemu na indukującym ebonicie, jak o tem bardzo łatwo możemy się przekonać, używając próbnej kuleczki w sposób wcześniej podany.

W razie użycia w doświadczeniu dodatniej elektryczności, jako indukującej, zamiast jak przed chwilą, ujemnej, z dwóch ładunków, wzbudzonych na przewodniku,

dałby się odprowadzić do ziemi tylko ładunek dodatni, a więc zawsze tylko elektryczność tego samego znaku, co i nabój wzbudzający.

Taki ładunek elektryczny (dodatni lub ujemny), który może być odprowadzony do ziemi, nazywamy *wolnym*, drugi zaś, który przewodnika nie opuszcza — *związanym*.

A więc ładunek związany nie odpływa do ziemi, chociaż przewodnik, na którym się znajduje, jest z ziemią połączony. Jest to fakt, któregośmy się nie spodziewali, ponieważ dotąd wiedzieliśmy na podstawie jednego z pierwszych doświadczeń, że każdy naładowany elektroskop od razu swój ładunek traci, skoro go z ziemią połączymy.

Drugim faktem, również pozornie sprzecznym, jest ta okoliczność, że na przewodniku izolowanym, poddanym indukcji, pozostają dwie elektryczności przeciwnego znaku, nie niwecząc się jednak wzajemnie.

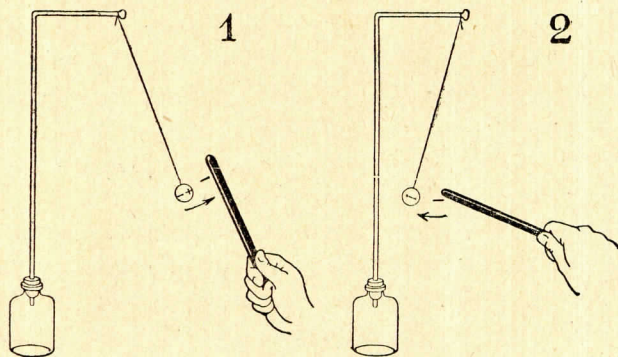
Dwie te rzekome sprzeczności tłumaczy jeden ważny szczegół, na który w pierwszej chwili mogliśmy nie zwrócić uwagi: obecność ładunku indukującego, znajdującego się na laseczce, której użyto do indukcji. Wszak dwie elektryczności różnoimienne przyciągają się, a jednoimienne odpychają się. Wobec tego jedna ze wzbudzonych elektryczności, t. zw. związana, jest przez ładunek indukujący przyciągana, niejako przytrzymywana na przewodniku, połączonym z ziemią, i dlatego do ziemi odejść nie może.

Co dotyczy drugiej sprzeczności, to ładunek indukujący działa wprost przeciwnie na obydwa ładunki wzbudzone: przyciąga on jeden z nich — bliższy (znaku przeciwnego) i odpycha drugi — dalszy (z nim jednoimienny). Stąd łatwo zrozumieć, że przez takie działanie trzyma on je w rozdzieleniu, nie pozwalając im łączyć się ze sobą, czyli znosić się wzajemnie w ich działaniu nazewnątrż. Dopiero, gdy z powodu zwiększonej odległości (odsunięcie na bok laseczki) wpływ ładunku indukującego zmaleje

prawie do zera, wyżej wymienione elektryczności, wzbudzone i dotąd trzymane w rozdzieleniu, łączą się, wytwarzając stan bezelektryczny.

WAHADEŁKO ELEKTRYCZNE I INDUKCJA.

Indukcja pozwoli nam teraz zdać sobie sprawę z zachowania się wahadła elektrycznego, jak wogóle wszystkich innych ciał (np. skrawków papieru), przyciąganych



Rys. 159.

przez ciało naelektryzowane, używanych przez nas do początkowych doświadczeń z elektrycznością (rys. 159 1, 2; porównaj rysunki poprzednie: 138, 139, 140).

Zbliżając ciało naelektryzowane do kuleczki wahadła, wywołujemy w niej przez indukcję dwa ładunki, z których jeden — bliższy, jest przyciągany, drugi — dalszy, odpychany. Zdawałoby się mogło, że skoro kuleczka jest przyciągana i odpychana jednocześnie, to te dwa działania, równoważąc się wzajemnie, nie powinny powodować ruchu kulki w stronę ciała naelektryzowanego. Ruch ten jednakże zawsze zachodzi, a to dlatego, że przyciąganie przeważa tu nad odpychaniem, ponieważ działa z mniej-

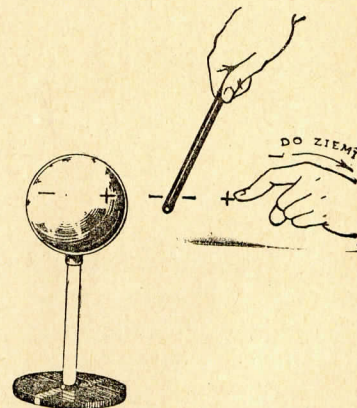
szej odległości, niż odpychanie. Po przyskoczeniu kuleczki do ciała naelektryzowanego, zostaje ona po chwili odpechnięta i stale już tem odpychaniem trzymana w pewnym oddaleniu. Dlaczego?

W chwili dotknięcia ładunku przeciwnego znaku, indukujący i związany wzajemnie się niweczą. Indukujący zostaje zatem usunięty z laseczki, ale tylko w miejscu dotknięcia przez kulkę; na innych miejscach laseczki pozostaje on w stanie nieuszczerplonym. Wtedy 2 naboje elektryczne, pozostały indukujący na laseczce i wolny na kuleczce wahadła (związany został już zniesiony), jako jednoimienne, wzajemnie się odpychają, stąd odskakiwanie kuleczki i pozostawanie jej w oddaleniu.

PRZEWODNIK NIEIZOLOWANY WOBEC INDUKCJI ELEKTRYCZNEJ.

Nietrudno nam będzie teraz wyprowadzić wniosek o skutkach indukcji w zastosowaniu do jakiegokolwiek przewodnika, połączonego z ziemią.

Wszak wtedy z 2-ch wzbudzonych ładunków elektrycznych tylko jeden — związany — pozostanie na przewodniku, bo drugi — wolny — odejdzie do ziemi, będąc odpychanym przez ładunek indukujący. Wobec tego ludzie, znajdujący się w pobliżu ciała naelektryzowanego, ściany pokoju i wogóle wszystko, co je otacza, o ile przypadkowo jest izolowane, nagromadza na sobie skutek indukcji obydwu ładunków indukowanych,

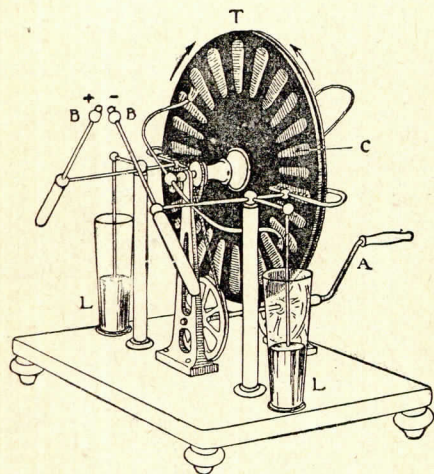


Rys. 160.

o ile zaś jest połączone z ziemią to staje się siedliskiem tylko jednego z tych ładunków mianowicie z wiążanego (rys. 160).

MASZYNA ELEKTROSTATYCZNA.

Na rysunku 161 widzimy t. zw. maszynę elektrostatyczną Wimshursta, która w krótkim przeciągu czasu wytwarza znaczne ładunki elektryczne. Dzięki tej maszynie możemy wykonywać niektóre ciekawe doświadczenia,



Rys. 161.

trudne do prowadzenia zapomocą tych sposobów, jakimi dotąd wyłącznie posługiwaliśmy się przy badaniu zjawisk elektrycznych.

Maszyna taka składa się z dwóch tarcz T, które podczas kręcenia korby A obracają się w kierunkach wprost przeciwnych, wskazanych przez strzałki. Każda z tarcz zrobiona jest ze zle-

go przewodnika elektryczności, a więc często z ebonitu lub szkła. Na tarczach widzimy paski C cynfolii (cienko walcowana cyna), po- naklejane w dość dużej ilości.

Podczas wirowania tarcz ładunki elektryczne, powstające tu wskutek indukcji, gromadzą się na kulkach B, B i butelkach lejdejskich L, L (but. lejdejska str. 298), przytem zawsze jedna z kul B. zwanych konduktorami, otrzymuje ładunek znaku innego, niż druga.

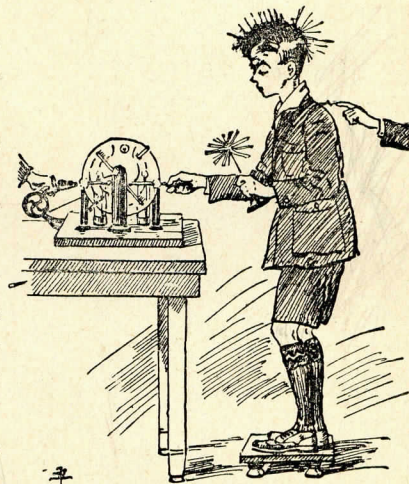
Chcąc skorzystać z ładunku, gromadzącego się na

którejkolwiek z tych kul, łączymy ją łańcuszkiem lub drucikiem z tym przewodnikiem, który ma być naelektryzowany. Druga kula maszyny powinna być połączona z ziemią, żeby nabój tej kuli, różnoimienny z nabojem kuli pierwszej, nie zatrzymywał (wskutek przyciągania, jakie wywiera) na pierwszej ładunku elektrycznego, który przeprowadzić chcemy na przewodnik, użyty do naszych doświadczeń.

Niech tym przewodnikiem, z którym mamy zrobić doświadczenie, będzie jeden z waszych kolegów. Spróbujmy go naładować elektrycznością.

Jeśli jednak stać będzie wprost na podłodze, to niepodobniestwem będzie go naładować, ponieważ elektryczność na nim się nie zatrzyma, lecz w sposób dla nas niewidoczny spłynie do ziemi.

Trzeba więc go od ziemi oddzielić złym przewodnikiem — izolatorem.



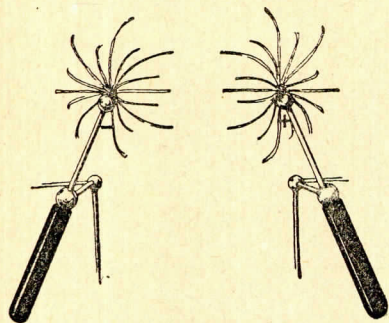
Rys. 162.

W tym celu wystarczy, gdy nałoży kalosze (guma — zły przewodnik) albo stanie na parafinie lub na desce, którą osadzono na galkach porcelanowych, używanych w urządzeniach elektrycznych (rys. 162).

Jakież objawy wyróżniają człowieka naelektryzowanego od nienaelektryzowanego?

A więc przedewszystkiem pozwólmy mu dotknąć galki elektroskopu nienaladowanego, a odrazu zauważymy znaczne rozchylenie listków.

Zwróćmy uwagę na włosy! Niektóre z nich podniosły się i rozsunęły, odpychając się jedne od drugich, zupełnie jak listki w elektroskopie; bo tak samo, jak listki, posiadając ładunek elektryczny tego samego znaku, muszą dzięki niemu odpychać się wzajemnie. Zbliźmy do takiego osobnika palec, a przeskoczy iskra elektryczna tak, jak-gdybyśmy ten palec zbliżyli do jednej z kul B,B maszyny elektrycznej.



Rys. 163.

Dajcie takiemu koledze pióropusz, zrobiony z paseczków bibuły, po-przyklejanych do metalowego pręta, a wszystkie one, odpychając się od siebie, podniosą się do góry, robiąc pióropusz odpowiednio nastroszonym (rys. 162).

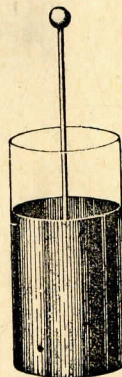
Osadźmy po jednym takim pióropuszu na każdej kuli B,B maszyny elek-

trycznej. Podczas kręcenia jej korby A, gdy te bibulkowe pióropusze nagromadzą w znaczniejszej ilości ładunki elektryczne znaku przeciwnego, wtedy wskutek przyciągania, jakie między nimi zajdzie, bibulki ułożą się w sposób, pokazany na rys. 163.

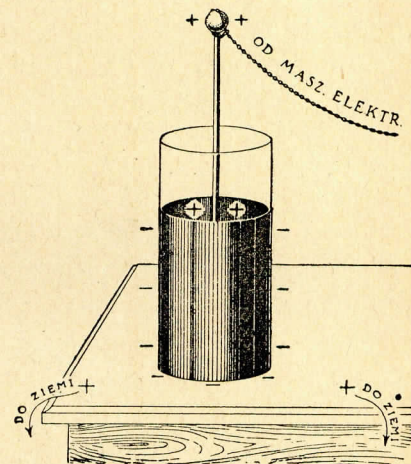
BUTELKA LEJDEJSKA.

Zakres naszych ćwiczeń możemy bardziej rozszerzyć, jeśli poznamy jeszcze jeden przyrząd, zwany *butelką lejdejską*. Nazwa jej pochodzi stąd, że po raz pierwszy zrobiono ją w mieście Lejdzie w Holandji. Dzisiaj najczęściej spotykamy ją w postaci szklanego walca, oklejonego cynfolją wewnątrz i zewnątrz mniej więcej do $\frac{2}{3}$ jego wysokości (rys. 164).

Płatki cynfolji, naklejone na walcu, noszą nazwę zbroi lub okładek: zewnętrznej i wewnętrznej. Z wnętrza butelki wystaje pręt metalowy u góry w gałkę zaopatrzoną. Pręt ten zapomocą jakkolwiek wykonanej podstawy jest oparty na dnie butelki i metalicznie z jej wewnętrzną okładką połączony; przy jego pośrednictwie możemy wprowadzić ładunek elektryczny do butelki.



Rys. 164.



Rys. 165.

Jakże naładować elektrycznością taką butelkę? W tym celu łączymy gałkę butelki z jednym z konduktorów (B,B) maszyny (rys. 161), stawiając butelkę na stole, lub trzymając ją w rękę: wówczas wewnętrzna okładka połączona jest z konduktorem maszyny, a zewnętrzna z ziemią.

Ładunki, przez maszynę wytwarzane, będą się przemieszczać do wewnętrznej okładki naszej butelki, gromadząc się w niej w coraz większej ilości; zewnętrzna zaś okładka tych ładunków nie otrzyma, ponieważ oddziela ją zły przewodnik elektryczności — szkło butelki.

A czy na zewnętrznej okładce wcale nie powstanie nabój elektryczny? Powstanie, ale przez indukcję.

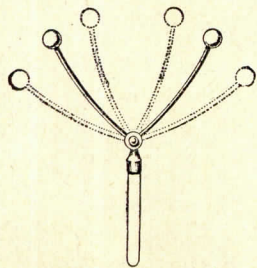
Indukcja elektryczna, jak to sami stwierdzić możecie, zachodzi nie tylko przez powietrze, lecz i przez wszystkie inne izolatory, jak szkło, ebonit i t. p.

Szkło butelki nie przeszkodzi tu zjawieniu się dwóch ładunków na okładce zewnętrznej, wywołanych działaniem indukującym naboju, zgromadzonego na okładce wewnętrznej.

Przypuśćmy, że nabój okładki wewnętrznej jest dodatni, w takim razie na okładce zewnętrznej przez indukcję powinny się wytwarzać dwa ładunki: ujemny związany i wolny dodatni. Ponieważ okładka zewnętrzna przez naszą rękę łączy się z ziemią, więc z dwóch wzbudzonych elektryczności tylko jedna, związana, pozostanie na butelce, na jej okładce zewnętrznej, druga zaś, wolna, odejdzie do ziemi (rys. 165).

ROZBROJENIE (WYŁADOWANIE) ELEKTRYCZNE. ISKRA ELEKTRYCZNA.

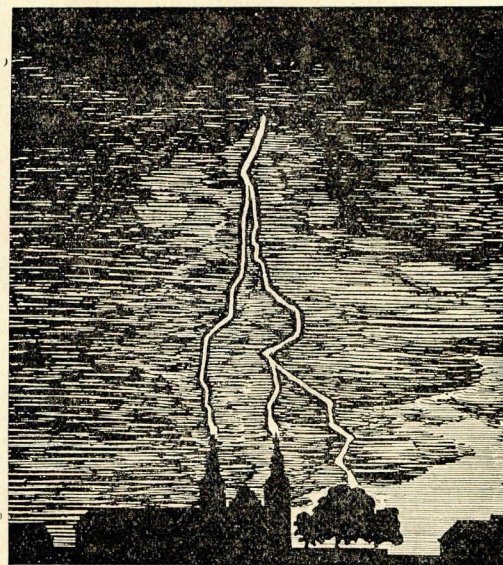
Nacóż może nam się przydać nagromadzenie dwu przeciwnych ładunków, skoro już w poprzednich rozdziałach poznaliśmy, zdawałoby się, ich zachowanie się względem siebie?



Rys. 166. Rozbrajacz.
Ramiona jego mogą być
ku sobie zbliżane lub
oddalane.

Otóż dawniej mieliśmy do czynienia z mniejszymi ilościami tych ładunków, to też ważne i ciekawe zjawisko tak zwanego *rozbrojenia* albo *wyładowania* elektrycznego nie mogło wówczas w całej pełni wystąpić. Dla wywołania takiego rozbrojenia użyjemy rozbrajacza, składającego się

z łukowato wygiętego metalowego pręta, zakończonego z dwu stron galkami i umocowanego w szklanej ręczce (rys. 166). Jedną z galek przykładamy do okładki zewnętrznej, a drugą zbliżamy do galki butelki przed chwilą naładowanej. Gdy odległość pomiędzy galką a rozbrajaczem dostatecznie się zmniejszy, słyszymy trzask i widzimy



Rys. 167.

t. zw. iskrę elektryczną, przeskakującą pomiędzy dwoma przewodnikami poprzez dzielącą je warstwę powietrza. Po przeskoczeniu takiej iskry butelka lejdejska, jak mówimy, została rozładowana lub rozbrojona, jakkolwiek nieraz przez powtórne zbliżenie rozbrajacza można jeszcze słabą iskierkę wywołać. Rozbrojenie elektryczne albo powrót do stanu bezelektrycznego polega na połączeniu się dwu przeciwnych naboju.

Ale zastanówmy się nad zjawiskiem, które nazwalimy iskrą elektryczną.

Na iskrę elektryczną składa się światło i głos (wszak słyszeliśmy znamienny trzask), ale nie należy przypuszczać, żeby w tem zjawisku sama elektryczność stawała się widzialną. Nie, pozostała ona dla oka naszego niedostępna, tylko ruch jej w tym wypadku spowodował błysk i trzask zupełnie podobnie, jak uderzenie podkowy o kamień, lub jakakolwiek wybuchowa reakcja chemiczna (gaz piorunujący) wywołuje nieraz jednocześnie zjawiska świetlne i głosowe.

Iskrę elektryczną, choć mniej jaskrawą, możemy otrzymać i pomiędzy konduktorami B, B maszyny. Tu także będziemy mieli łączenie się przez powietrze dwu przeciwnych ładunków, wytwarzanych przez maszynę na każdym z jej konduktorów B, B. Przy znaczniejszej odległości pomiędzy nimi, iskra, przeskakująca od jednego do drugiego, z prostolinijowej staje się zygzakowatą, przypominając swoim kształtem piorun, tę olbrzymią iskrę elektryczną, uderzającą między chmurą a ziemią.

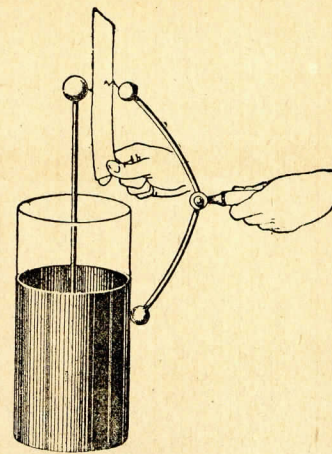
SKUTKI ROZBROJENIA ELEKTRYCZNEGO.

Przebiecie papieru iskrą elektryczną. Bierzemy kawałek papieru i, trzymając go w ręku, wstawiamy pomiędzy galkę naładowanej butelki lejdejskiej a kuleczkę rozbrajacza. Gdy rozbrajacz zostanie dostatecznie zbliżony, przeskakuje iskra, przebijając papier nawylot (rys. 168).

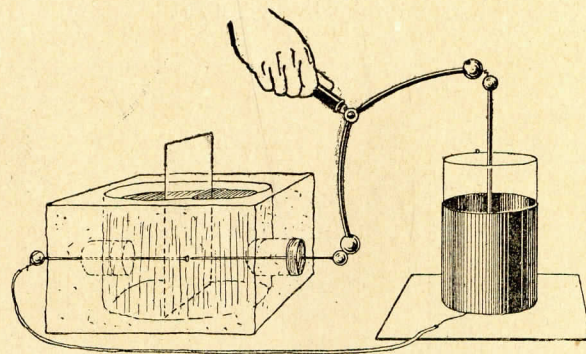
Przebiecie szkła iskrą elektryczną. Kawalkowi parafiny przy pomocy noża nadajemy postać naczynia. W dwóch jego bocznych przeciwległych ściankach osadzamy szczelnie dwa korki, przez które przetykamy pręciki metalowe. W naczyniu tem umieszczamy szybkę szklaną (grubość: 0,5—1 mm.), wciskając ją pomiędzy pręciki; następnie naczynie wypełniamy naftą. Połączywszy pręciki z okład-

kami obok stojącej naładowanej butelki, jak to wskazuje rys. 169, otrzymamy rozbrojenie przez szkło, co wywoła pęknięcie płytki szklanej. Nafta, jako zły przewodnik elektryczności, zapobiega możliwości rozbrojenia przez powietrze po powierzchni szkła.

Zapalenie eteru iskrą elektryczną. Przywiązujemy do końca pałeczki szklanej kawałek waty, którą zwilżamy kilkoma kroplami eteru. Następnie, trzymając ją w pobliżu galki butelki, zbliżamy kulkę rozbrajacza do tejże galki (drugi koniec jego dotyka okładki zewnętrznej). Wtedy przeskakuje iskra, która zapala eter (rys. 170).

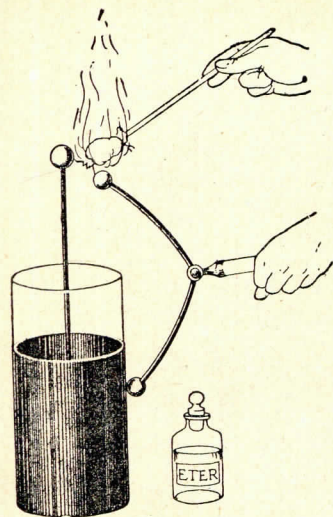


Rys. 168.



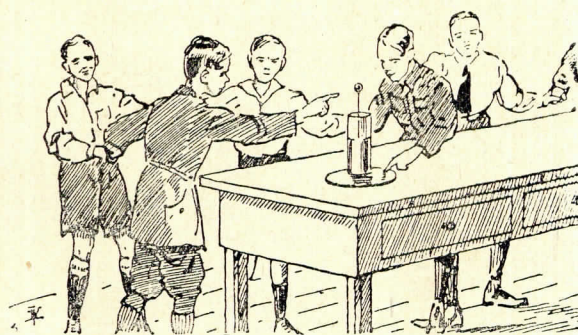
Rys. 169.

Rozbrojenie butelki lejdejskiej przez ciało człowieka. Wszyscy uczniowie w klasie biorą się za ręce, tworząc nieprzerwany łańcuch. Butelkę lejdejską, naładowaną nie-



Rys. 170.

wołanego uczuciem lekkiego bólu w stawach, szarpia ręce do góry, ponieważ w chwili przeskakiwania iskry doznają mimowolnego skurczu mięśni (rys. 172).

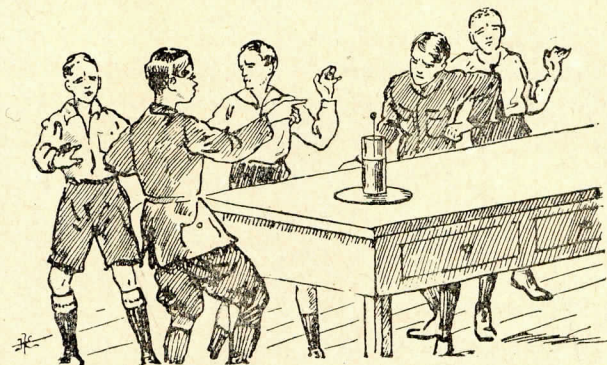


Rys. 171. Przed rozbrojeniem.

Bateria. Zamiast jednej, można używać kilku takich butelek, połączonych ze sobą, które wtedy tworzą

zbyt silnie, stawiamy na blasze lub kawałku cynfolji Osoba, znajdująca się na jednym końcu wyżej wspomnianego łańcucha, dotyka palcem przewodnika, na którym postawiono butelkę; druga zaś, która stanowi drugi koniec tegoż łańcucha, zbliża palec lub pięść do galki naładowanej butelki (rys. 171). Przy dostatecznie małej odległości ręki od galki przeskakuje iskra. Wszyscy z szeregu, nie mogąc się powstrzymać od okrzyku, wy-

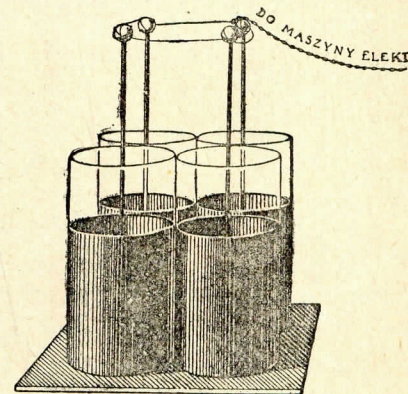
305
tak zwaną *baterję butelek lejdejskich*. W takiej baterji łączymy drucikami wszystkie pręty butelek, a więc tem



Rys. 172. Po rozbrojeniu.

samem ich okładki wewnętrzne. Stawiając wszystkie te butelki na wspólnej, dobrze przewodzącej podstawie, np. blasze metalowej, wiążemy w jedną całość ich okładki zewnętrzne (rys. 173). Teraz jedną z galek łączymy z konduktorem maszyny, a przez obracanie jej korby ładujemy baterję.

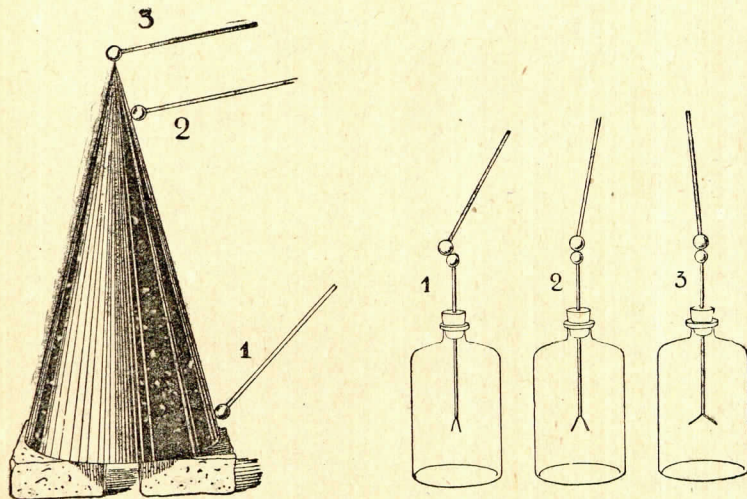
Naturalnie, skutki rozbrojenia takiej baterji będą daleko silniejsze, niż przy wyładowaniu butelki pojedynczej, ponieważ w baterji możemy nagromadzać znaczniejsze ilości ładunków, niż w każdej butelce z osobna. Tak np. rozbrojenie większej baterji, złożonej nadto z dużych butelek, przedstawia już niebezpieczeństwo dla życia ludzkiego.



Rys. 173.

ROZMIESZCZENIE ŁADUNKU ELEKTRYCZNEGO NA POWIERZCHNI PRZEWODNIKA.

Z poprzednich rozdziałów wiemy już, że nabój zbiera się wyłącznie na zewnętrznej powierzchni przewodnika. Obecnie zaś sprawdzimy, czy nabój jest na tym prze-



Rys. 174.

wodniku wszędzie w jednakowej ilości rozmieszczony, czy też w niektórych miejscach jest go więcej, niż w innych.

W tym celu wykonajmy następujące doświadczenie (rys. 174). Stożek z grubego papieru, oklejony zewnątrz cynfolią, stawiamy na izolatorze, chociażby na kawałku parafiny. Elektryzujemy teraz stożek potartą o sukno laseczką ebonitową. Następnie próbną kuleczką dotykamy dolnych części stożka i przenosimy w ten sposób zebrany

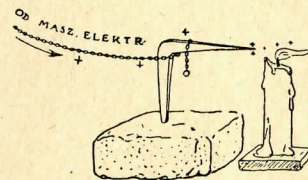
ładunek na elektroskop nienaładowany. Listki jego rozchyla się po jednym takim dotknięciu, czy też po kilku, w ten sam sposób powtórzonych.

Jeśli teraz kuleczką naszą dotykać będziemy wyższych części stożka, a więc coraz silniej zakrzywionych, to łatwo dostrzeżemy następującą różnicę w zachowaniu się listków elektroskopu. Inne elektroskopy (albo ten sam, lecz uprzednio rozładowany) tej samej wielkości, co i pierwszy, rozchylać będą swoje listki tem więcej, im wyższe były miejsca na stożku, z których kuleczka zbierała naboje (rys. 174, 1, 2, 3). Tak więc przewodnik gromadzi więcej elektryczności w tych miejscach, gdzie jego powierzchnia jest bardziej zakrzywiona lub nawet zaostzona. Najwięcej ładunku zbierze nam próbna kuleczka, gdy nią dotkniemy wierzchołka stożka.

Gdybyśmy naelektryzowali przewodnik nie stożkowy lecz kulisty, to wszystkie części jego powierzchni miałyby równe ilości elektryczności, ponieważ wszystkie są jednako zakrzywione.

Wiatr elektryczny. To wybitne gromadzenie się ładunków elektrycznych w miejscach przewodnika najbardziej zakrzywionych lub zaostzonych staje się przyczyną rozpraszania się elektryczności z *ostrzy* lub *kołców*, w które przewodnik może być zaopatrzony. Takie rozpraszanie się ładunków elektrycznych wywołuje t. zw. wiatr elektryczny, który poznamy w następujących doświadczeniach.

Zaostrzony kołec (rys. 175), osadzamy na kawałku parafiny, łącząc go z jednym z konduktorów maszyny elektrycznej. Gdy maszyna zacznie dostarczać ładunków elektrycznych, to te, gromadząc się w coraz większej ilości na kołcu, będą wskutek wzra-



Rys. 175.

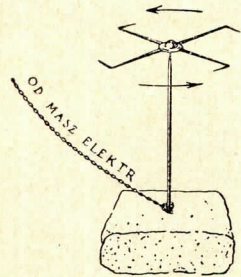
stającego odpychania łatwo zabierane z tego ostrza przez cząsteczki otaczającego powietrza. Cząsteczki zaś powietrza, naelektryzowane tą samą elektrycznością, co i kolec, odepchną się od niego i wytworzą swoim ruchem pewien prąd czy wiatr, t. zw. elektryczny.

Taki wiatr łatwo możemy wyczuć, trzymając np. dłoń w pobliżu ostrza, o ile maszyna zasila to ostrze stale nowymi ładunkami.

Jeśli zbliżymy płonącą świecę do takiego ostrza, to płomień jej się pochyli, lub nawet zgaśnie, jakby pod wpływem dmuchania.

Wiatraczek Franklina. Z wiatrem elektrycznym stoi w ścisłym związku ciekawy a prosty przyrząd, zwany wiatraczkiem Franklina.

Osadzmy na ostrzu, np. na igle, zatkniętej w parafinie, kilka drucików, zagiętych kolcami w jedną stronę i połączonych w gwiazdę, jak to wskazuje rys. 176. Jeśli takie ostrze ładować będzie maszyna, to wiatraczek zostanie wprowadzony w dosyć szybki ruch obro-



Rys. 176.

towy. Kierunek tego ruchu będzie przeciwny kierunkowi, w którym są zagięte końce drucików. Z kółców stale ładowanych powstać musi wiatr elektryczny. Ale co pobudza wiatraczek do ruchu?

Wyżej mówiliśmy o odpychaniu, jakie zachodzi pomiędzy naelektryzowanymi cząsteczkami powietrza i ładunkami samego kolca. Zauważmy jednak, że to odpychanie musi być *wzajemne* i ujawni się tak w ruchu cząsteczek powietrza, jak i w ruchu samego kolca, gdy ten osadzimy ruchomo; naturalnie kolec pod wpływem powyższego odpychania musi odskoczyć w kierunku prze-

ciwnym do ruchu cząsteczek powietrza, jak to wskazuje rys. 176.

ELEKTRYCZNOŚĆ ATMOSFERYCZNA.

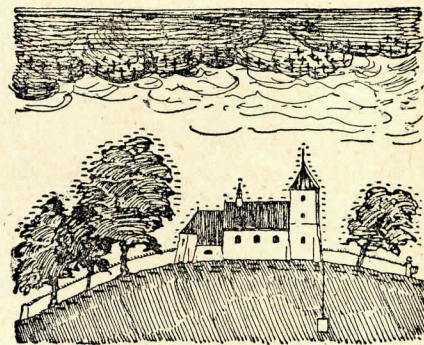
A więc ostrze, zrobione z przewodnika, posiada własność rozpraszania elektryczności. Cenna to własność, z której nieraz korzystamy, gdy wielka ilość nagromadzonych w atmosferze ładunków elektrycznych zagraża naszemu mieniu i życiu.

Nie wyjaśniono dotąd, co jest właściwą przyczyną nagromadzania się tak wielkiej ilości elektryczności w chmurach podczas burzy.

Powszechnie wiadomo, że burze najczęściej przypadają po wielkich upałach, t. j. po takim okresie czasu, który sprzyjał wytwarzaniu się znacznych ilości pary wodnej w powietrzu.

Chmury posiadają ładunek niekiedy dodatni, częściej jednak ujemny, a przypadająca pod nimi powierzchnia ziemi wraz ze wszystkim, co się na niej znajduje (domami, drzewami, ludźmi i t. p.), otrzymuje przez *indukcję* dwa ładunki, wolny i związany, z których trwale na niej pozostaje tylko jeden — związany a więc znaku przeciwnego, niż ładunek elektryczny chmury (rys. 177).

Te dwa odmienne ładunki — chmur i ziemi — przyciągają się wzajemnie, dążą do rozbrojenia, ale na przeszkodzie stoi zły przewodnik — powietrze. Jednakże przy dostatecznie silnem naelektryzowaniu powietrze staje się przeszkodą niewystarczającą, i rozbrojenie zachodzi w po-



Rys. 177.

stacji piorunu, t. j. iskry elektrycznej, mającej nieraz długość kilku kilometrów (patrz rys. 167).

Pierwszym, który poddał badaniom elektryczność atmosferyczną, był Amerykanin, Benjamin Franklin. Puszczając on w tym celu latawca podczas zbliżającej się burzy, zaopatrując go w metalowe ostrze, a sznurek od latawca przymocowywał do laski szklanej, żeby go w ten sposób odzielić od ziemi złym przewodnikiem elektryczności. Gdy sznurek zamakał od deszczu i stawał się dobrym przewodnikiem, z jego dolnego końca były iskry do ziemi, wywołane tą elektrycznością, której nabywał latawiec wskutek przebywania wśród chmur.

PIORUNOCHRON.

Chcąc zapobiec uderzeniu pioruna, albo go zrobić nieszkodliwym obmyślił Franklin *piorunochron*, przyrząd, który składa się z trzech metalowych części: zaostrego pręta, ustawionego na szczycie budynku, długiego przewodnika i płyty, zakopanej w ziemi (rys. 177). Wszystkie większe masy metalowe, do budynku należące (belki żelazne, rury gazowe lub wodociągowe), są z takim piorunochronem połączone.

Znaczenie piorunochronu jest dwojakie. Po pierwsze, jego ostrze rozprasza ładunek tych wszystkich ciał, które są z nim zapomocą przewodników połączone, a więc zmniejsza ich naelektryzowanie i dążność do rozbrojenia. Po drugie, w razie rozbrojenia odbywa się ono wyłącznie przez piorunochron, ponieważ ten, jako metalowy, przewodzi elektryczność łatwiej, niż np. mury kamienne, belki drewniane lub inne podobne części gmachu.

Rozbrojenie elektryczne przez grube pręty metalowe, zwłaszcza miedziane, nie rozgrzewa ich zbyt silnie, a więc nie grozi ogniem i samemu budynkowi, do którego te metale należą. Płytę metalową piorunochronu zakopuje

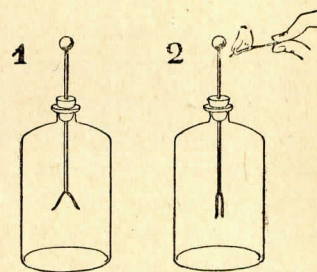
się głęboko w ziemi w jej częściach dostatecznie wilgotnych, albo nawet w pobliskiej studni, ponieważ sucha ziemia jest złym przewodnikiem elektryczności. Sieć podziemna żelaznych rur wodociagowych połączona z częściami piorunochronu, znajdującymi się nad powierzchnią ziemi, może zastąpić omawianą płytę.

Gdy was burza zaskoczy w otwartym polu, to pamiętajcie, że zbliżenie się do wszelkich przedmiotów wysokich, jak drzewa, słupy, grozi narażeniem się na boczne odgałęzienie piorunu, któryby w nie uderzył, i z tego względu jest bardzo niebezpieczne.

ROZBRAJAJĄCE DZIAŁANIE PŁOMIENIA.

Rozbrojenie przewodników naelektryzowanych osiągnąć można nie tylko z pomocą ostrzy; wystarczy zbliżenie ciała rozżarzonego lub płomienia, gdyż gazy rozgrzane (płomień) są dobrymi przewodnikami elektryczności (rys. 178).

Na przedstawionym rysunku wywołujemy rozbrowienie naładowanego elektroskopu przez samo tylko zbliżenie płonącej zapalki.



Rys. 178.

PRĄD ELEKTRYCZNY.

W poprzednich doświadczeniach z elektrycznością mieliśmy już do czynienia z t. zw. prądem elektrycznym, ale ponieważ trwał on zwykle tylko chwilę, więc trudny był do badania.

Gdy woda jest w ruchu, np. w rzece lub w rurach wodociagowych, gdy wiatr wieje, a więc gdy cząstki po-

wietrza pędzą z pewną szybkością, powiadamy, że mamy prąd wody lub powietrza. Podobnie dzieje się w wypadku elektryczności; przenosząc się od jednego ciała do drugiego, wywołuje ona zjawisko prądu elektrycznego.

Gdy elektroskopu naładowanego dotykaliśmy palcem, listki jego opadały, bo elektryczność z niego odchodziła do ziemi w chwili dotykania. A więc był tu ruch elektryczności, czyli prąd elektryczny.

Oto butelka lejdejska, przed chwilą naładowana, zostaje rozbrojona przez ciała ludzi. W takim wypadku elektryczność z okładki zewnętrznej porusza się ku elektryczności na okładce wewnętrznej i odwrotnie, przechodząc po drodze przez szereg osób, trzymających się za ręce i w jeden łańcuch z sobą połączonych. Jest to więc również przykład prądu elektrycznego.

Wogóle powiedzieć możemy, iż każde rozbrojenie stanowi jednocześnie prąd elektryczny.

Te i tym podobne przykłady dają nam pewne pojęcie o prądach, ale jakże krótkotrwałych! Wyladowanie butelki lejdejskiej, czy zjawisko piorunu, trwa wszak jedną chwilę tylko. A przecież, korzystając godzinami ze światła lampy elektrycznej lub nawet z dzwonka elektrycznego w ciągu paru sekund, rozumiemy, że chodzi tu też o prąd elektryczny, ale bardziej trwały od wyżej wspomnianych.

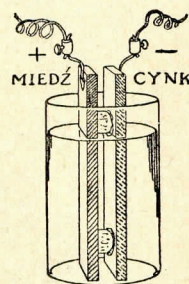
Otóż prądy, trwające czas dowolnie długi, nauczono się otrzymywać nie tak dawno, mianowicie dopiero w końcu wieku XVIII dzięki uczonemu włoskiemu, nazwiskiem Wolta; on to pierwszy zbudował tak zwane ogniwo elektryczne.

Pierwsze ogniwo elektryczne Wolty — to niezmiernie prosty przyrząd. Sami łatwo go zrobić potraficie. Wystarczy w tym celu dwie blachy, miedzianą i cynkową, połączyć paru kawałkami korka, poprzyklejanego lakiem do każdej z nich, jak to wskazuje rysunek 179.

U góry zaś do każdej blachy należy przylutować po kawałku drucika. Przy łączeniu blach trzeba uważać, by nie dotykały do siebie bezpośrednio; właśnie kawałki korka (grubości 3—5 mm.) mają temu zapobiec.

Jeśli tak połączone blachy włożymy do naczynia szklanego, zawierającego roztwór kwasu siarkowego w wodzie (10% kwasu), to utworzymy ogniwo Wolty.

Otóż z chwilą zanurzenia obu płyt do kwasu zjawiają się na nich ładunki elektryczne, przytem każda z blach ogniwa jest naelektryzowana inaczej: miedź dodatnio, cynk ujemnie. Można to stwierdzić zapomocą bardzo czułych elektroskopów.



Rys. 179.

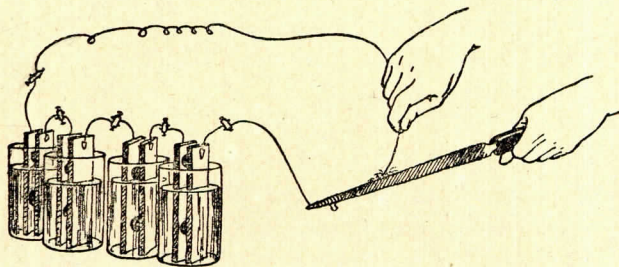
Jeśli płyty połączymy, to każda z elektryczności, dążąc do zubożenia przeciwniej i poruszając się w stronę tamtej, tem samem wytworzy prąd elektryczny. Ale czy prąd tylko chwilowy, jak w doświadczeniach dawniejszych? Nie, prąd stały, ponieważ na miejsce ładunków, które wzajemnie się znoszą, w metalach ogniwa wytwarzają się ciągle nowe, znowu biorące udział w rozbrojeniu i t. d. Powstawanie tych ładunków zawdzięczamy reakcji chemicznej, zachodzącej w ogniwie t. j. działaniu cynku na kwas siarkowy. Części blach, wystające z cieczy noszą nazwę *biegunów ogniwa*. Przy miedzi — biegun dodatni, przy cynku — ujemny.

W przypadku rozbrojenia butelki lejdejskiej, a więc prądu elektrycznego, widzieliśmy towarzyszącą mu iskrę, która występuje zawsze wtedy, gdy prąd elektryczny częściowo przechodzi przez powietrze.

Postaramy się i przy prądzie z ogniwa Wolty otrzymać takie zjawisko świetlne, chociażby na mniejszą skalę. W tym wypadku nie wystarczy zbliżać wzajemnie druty, prowadzących od biegunów ogniwa, bo ich stopień

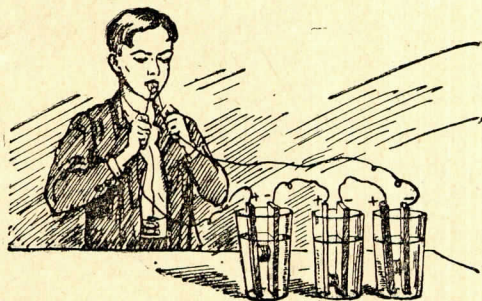
naelektryzowania^o jest nierównie mniejszy, niż okładek naładowanej butelki lejdejskiej.

Ale można otrzymać drobne iskiereki i w tym wypadku, urządzając doświadczenie w sposób następujący.



Rys. 180.

Jeden drut, np. od miedzi, przytwierdzamy do końca pilnika, drugim zaś przesuwamy po powierzchni tegoż pilnika, a wtedy w ciemnym pokoju zobaczymy wyraźnie



52

Rys. 181.

małe iskiereki, powstające w miejscach prześlizgiwania się drucika po nacięciach pilnika (rys. 180).

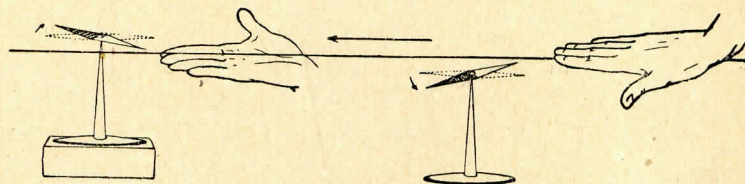
Poza tem jeszcze inne doświadczenie wskazuje na istnienie prądu elektrycznego, płynącego z naszego ogniwa Wolty.

Końce drutów od ogniwa przyłożmy do języka, a wyczujemy lekkie klucie czy swędzenie, które znika, skoro jeden z drutów usuniemy; wtedy bowiem i sam prąd ulega przerwaniu (rys. 181). Obydwa poprzednie doświadczenia lepiej się udają, gdy pojedyncze ogniwo zastąpimy baterją, np. z 4-ch ogniw złożoną.

Słowem, przy prądzie z ogniwa Wolty tak samo, jak podczas rozbrajania lejdejskiej butelki, powstają iskry i pewne wrażenia, doznawane przez nasz system nerwowy (działanie fizjologiczne), chociaż nierównie słabsze.

DZIAŁANIE PRĄDU ELEKTRYCZNEGO NA IGŁĘ MAGNESOWĄ.

Na początku zeszłego (XIX) wieku poznano zjawisko, którem i dotąd stale się posługujemy, o ile chodzi nam o stwierdzenie istnienia prądu elektrycznego w przewodniku; jest niem działanie tego prądu na igłę magnesową.



Rys. 182.

Przyrządy, opierające się na tem zjawisku pozwalają wykrywać prądy elektryczne, nieraz nawet bardzo słabe, znacznie łatwiej i dokładniej, niż to moglibyśmy uczynić zapomocą sposobów przed chwilą opisanych.

W celu poznania tej nowej własności prądu weźmy igłę magnesową na podstawce (rys. 133), lub zwyczajną kieszonkową busolę (rys. 134) i ogniwo elektryczne Wolty. Ustawmy teraz drut miedziany w pobliżu igły magneso-

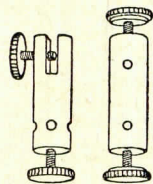
wej w tej samej płaszczyźnie pionowej, co igła; wreszcie końce tego drutu połączmy z biegunami ogniwa, np. prawy koniec z biegunem dodatnim, a lewy z ujemnym *). W tej chwili płynie prąd przez drut, który łączy bieguny ogniwa. Czy położenie igły pozostaje bez zmiany? Nie, igła ulega odchyleniu, jak to wskazuje rysunek 182, na którym linja pozioma, opatrzona strzałką, oznacza drut, gdy przezeń przepływa prąd elektryczny. Dawne położenia igieł przed zjawieniem się prądu w drucie zaznaczone są linją kropkowaną.

Na tym rysunku, podobnie jak i w naszym doświadczeniu (patrz wyżej), elektryczność dodatnia, jak przypuszczamy, porusza się ku ujemnemu biegunowi ogniwa od prawej strony drutu ku lewej, ponieważ właśnie prawy jego koniec jest połączony z biegunem dodatnim ogniwa, a lewy — z ujemnym. Kierunek (strzałka na rys. 182), w którym dąży po przewodniku elektryczność dodatnia, przyjęto nazywać kierunkiem prądu elektrycznego.

Z tegoż rysunku widzimy, że ta sama igła magnesowa wychyla się w odmiennych kierunkach zależnie od tego, czy ją nad drutem, czy pod nim umieścimy.

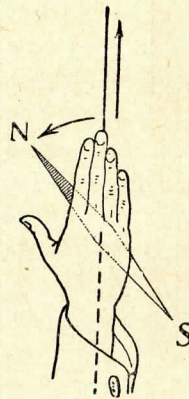
Zróbmy jednak jeszcze jedną zmianę w naszym doświadczeniu. Mianowicie połączmy teraz prawy koniec naszego drutu z ujemnym biegunem ogniwa, a lewy z dodatnim, t. j. przeciwnie, niż w przykładzie poprzednim. Wobec tego i kierunek prądu w drucie, jak to wynika z poprzedniego, będzie wsteczny w stosunku do tego,

*) Druty, służące do przewodzenia prądu elektrycznego, zwykle łączymy pomiędzy sobą zapomocą t. zw. łączników, czyli małych waleczków mosiężnych, do których wnętrza wkładamy końce drutu wolne od izolacji, przykręcając je następnie odpowiednimi śrubkami, zaznaczonemi na rys. 183.

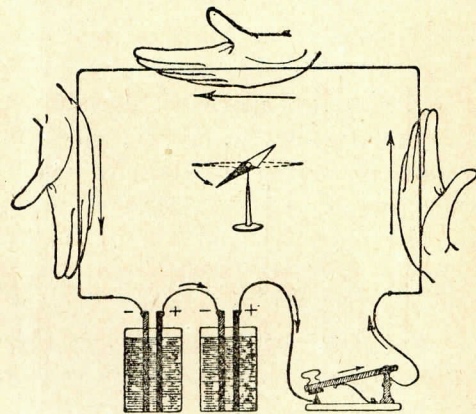


Rys. 183.

który jest oznaczony na rysunku 182 strzałką poziomą. Jak zachowa się teraz igła magnesowa? Zauważycie, że odchylił się ona inaczej, niż się wychylała przy poprzednim kierunku prądu.



Rys. 184.
Reguła prawej
ręki.



Rys. 185*).
Igła magnesowa wewnątrz obwodu prądu
elektrycznego.

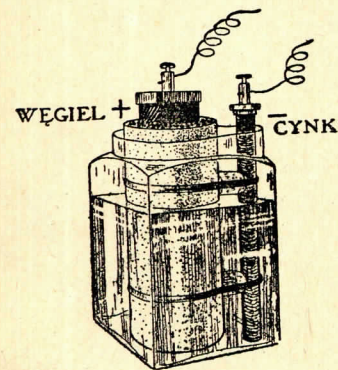
Stąd przychodzimy do wniosku, że odchylenie igły zależy nie tylko od położenia jej względem drutu, po którym płynie prąd, lecz i od kierunku tegoż prądu w drucie.

*) U dołu z prawej strony rysunku przedstawiony jest t. zw. *klucz*, który służy do puszczenia (jak się mówi: zamykania) lub przerywania prądu elektrycznego. Podstawa klucza nie przewodzi prądu, który może przejść po kluczu tylko wtedy, gdy górna część jego, odpowiednio naciśnięta, łączy przy pośrednictwie metalowej sztabki dwa jego końce (prawy i lewy), wchodzące w skład obwodu prądu. Klucz nie naciskany odsłakuje ku górze pod działaniem sprężyny, zaznaczonej na rysunku, wywołując tem samem przerwę prądu. Nazwa *«klucz»* powstała stąd, że możemy nim obwód prądu elektrycznego zamknąć (to znaczy prąd puścić), albo ten obwód otworzyć (t. j. prąd przerwać).

Wpływ tych dwóch warunków na kierunek wychylenia igły daje się łatwo przewidzieć przy pomocy t. zw. reguły prawej ręki. Głosi ona, że jeśli prawą rękę położymy na drucie, wyciągając wszystkie palce oprócz dużego w kierunku prądu, a dłoń zwracając ku igle magnesowej, to palec duży odchylony wskaże nam zawsze kierunek zboczenia północnego bieguna samej igły. Rysunek 184 objaśnia nam zastosowanie tej reguły. Poza tem na rysunku 185 możemy zauważyć, że wszystkie części drutu, zgiętego w czworobok, wychylają w tę samą stronę (przed płaszczyznę rysunku) biegun północny igły magnesowej, znajdującej się wewnątrz tego obwodu prądu.

OGNIWA PRAKTYCZNE.

Przepuszczając prąd z ogniwa Wolty po jakimś obwodzie przez czas dłuższy, stwierdzimy, że działanie jego na igłę zaczyna słabnąć, wreszcie odchylenie jej znika zupełnie. Jest to dowodem, iż prąd ustał w drucie, i że ogniwo już go więcej nie dostarcza.



Rys. 186.

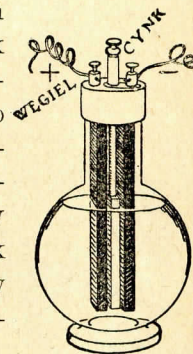
W istocie też ogniwo Wolty nie jest przyrządem praktycznym, bo tylko niedługi czas prąd z niego czerpać możemy.

Przyczyną krótkotrwałości jego działania jest reakcja chemiczna, jaka w niem zachodzi. Wszak wiecie z chemji, że cynk rozpuszcza się w kwasach, wypierając z nich wodór. Otóż

wodór ten szkodzi tu nam najbardziej, bo zjawiając się u miedzi (oprócz wydzielania się na cynku), częściowo się na niej osadza i tworzy tu coraz grubsza warstwę,

która wstrzymuje działanie całego ogniwa. To też w ogniwach praktycznych wodór jest stale usuwany przez odpowiednie związki, w skład ogniwa wchodzące. Oto np. na rysunku 186 mamy przedstawione bardzo rozpowszechnione ogniwo Leclanché, zwane tak od nazwiska wynalazcy. W skład tego ogniwa cynk wchodzi w postaci pałeczki, stanowiącej biegun ujemny; biegunem dodatnim jest węgiel w formie słupka, otoczony drobno tłuczonym dwutlenkiem manganu, który razem z węglem umieszcza się w porowatym walcu glinianym. Dwutlenek manganu przedstawia ciemno-brunatny proszek i jest środkiem utleniającym, ponieważ zawiera dużo tlenu, który zapobiega nagromadzeniu się wodoru na węglu przez stałe utlenianie tego wodoru na wodę. Powstająca w ten sposób woda nie ma już żadnego wpływu na działanie ogniwa. Zamiast kwasu siarkowego jest użyty w tem ogniwie, jako płyn, roztwór wodny salmjaku; wodór powstaje tu wskutek działania cynku na salmjak.

Ogniwo praktycznem, często stosowanem przy wykonywaniu doświadczeń fizycznych, jest też ogniwo Greneta. Jak wyobraża rys. 187 składa się ono z butelki, w której widzimy przymocowane do jej pokrywy trzy płytki: dwie boczne z węgla i środkowa z cynku. Środkową zwykle osadzamy na ruchomym pręciku. Gdy ogniwo jest nieczynne, podnosimy pręcik wraz z płytką ku górze i przykręcamy odpowiednią śrubkę, chroniąc w ten sposób płytkę od nagryzania przez kwas.



Rys. 187.

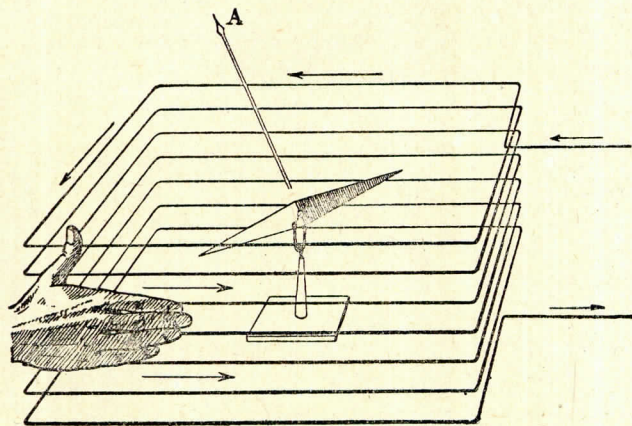
Sama pokrywa flaszki zrobiona jest z nieprzewodnika prądu. Obie płytki węglowe są metalicznie połączone pod pokrywą ze śrubką lewą, przy której na rysunku widzimy znak +; cynkowa

plytka łączy się z prawą śrubką, oznaczoną znakiem —. A więc lewa śrubka tworzy biegun dodatni, prawa ujemny tegoż ogniwa.

Ciecz w ogniwie Greneta składa się z wodnego roztworu kwasu siarczanego i soli chromowej, zwanej dwuchromianem potasowym. Wodór, wytwarzający się tu przez działanie cynku na kwas siarkowy, zostaje utleniony na wodę (podobnie jak w ogniwie Leclanché) właśnie dzięki obecności w cieczy ogniwa soli chromowej, która dużo tlenu w swoim składzie zawiera. Skład roztworu tego ogniwa jest następujący: wody 100 części na wagę, dwuchromianu potasowego 12, stężonego kwasu siarkowego 25.

GALWANOSKOP.

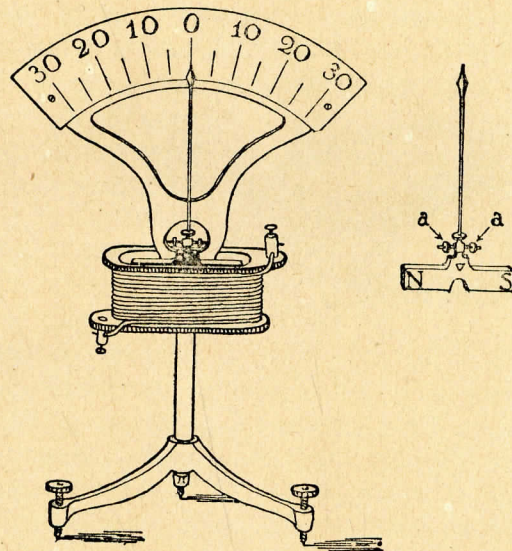
Działanie prądu elektrycznego na magnes jest dość słabe, o ile chodzi tylko o pojedyncze druty, znajdujące



Rys. 188.

się w pobliżu igły magnesowej. Łatwo przewidzieć, że kilka drutów, przewodzących prąd, wywierałoby działanie silniejsze.

Stąd wynika, że igła busoli, ustawiona mniej więcej w środku takiej ramki z drutu (rys. 185), byłaby wychylana zgodnem działaniem wszystkich części tej ramki w tę czy inną stronę, zależnie już tylko od kierunku obiegającego po drucie prądu. Gdybyśmy jednak zwinęli drut w sposób, pokazany na rysunku 188, ustawivszy igłę w środku tak wytworzonych zwojów, to działanie prądu na igłę byłoby nierównie silniejsze, niż przy użyciu pojedynczej ramki.



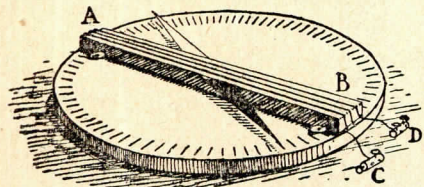
Rys. 189.

Na powyższej zasadzie zbudowany jest przyrząd, *galwanoskopem* zwany.

W nauce o prądach elektrycznych jest on tem, czem *elektroskop* przy badaniu własności ciał naelektryzowanych.

Rys. 189 przedstawia go w postaci, jaką mu się
Fizyk i chemja I.

zwykle nadaje. Na ramce wysokiej a wąskiej, która otworami zwrócona jest ku górze i ku dołowi, widzimy wiele zwojów nawiniętego izolowanego drutu. Dwa końce tego drutu są połączone z 2-ma śrubkami: jedną — lewą u dołu, i drugą — prawą u góry. Magnes w kształcie sztabki, na rysunku przedstawionej osobno i oznaczonej literami N. i S., jest umieszczony wewnątrz zwojów drutu na osi poziomej; do magnesu dodano wskazówkę, która zdradza każde jego wychylenie i pozwala je odmierzyć przy pomocy odpowiedniej skali. Dolne trzy śruby przyrządu pozwalają nadać mu położenie pionowe. Śrubki a—a przy wskazówce przez odpowiednie ich przykręcenie ułatwiają nadanie jej położenia środkowego (zerowego) na skali.



Rys. 190.

w ten sposób dwa końce wolne przyłączamy do śrubek galwanoskopu. Nasz galwanoskop zostaje w takim razie włączony, jak mówimy, w obwód prądu. Skoro tylko niezużyte ogniwo rzeczywiście go dostarcza, natychmiast magnes, a więc i wskazówka z nim złączona zostają wychylone ze swego położenia równowagi w lewo lub w prawo zależnie od kierunku prądu, przepływającego przez nasz galwanoskop.

Rys. 190 przedstawia drugi, daleko prostszy galwanoskop, który można łatwo samemu bardzo prostymi środkami wykonać. Na deseczce lub tekturce, wyciętej w kształcie koła, podzielonego na swoim obwodzie, widzimy wąską ramkę A B z drzewa lub tektury zrobioną. W środku jej, na ostrzu igły do szycia, pionowo ustawionej, jest ru-

chomo osadzona widoczna na rysunku igła magnesowa (albo włożona zwyczajna busola rys. 134). Na ramce A B widzimy parę zwojów izolowanego miedzianego drutu (im więcej tych zwojów, tem lepiej), którego końce przyłączone są do śrubek C i D.

Obracamy nasz przyrząd w płaszczyźnie poziomej dotąd, aż igła magnesowa, zawsze skierowana z południa na północ, zupełnie nam się schowa w ramce A B. Wtedy druty, nawinięte na ramce, będą miały w przybliżeniu kierunek do igły równoległy. Jeśli po takim ustawieniu galwanoskopu do śrubek C i D przyłączymy druty, prowadzące do jakiegokolwiek ogniwa elektrycznego, to prąd, obiegając naokoło ramki A B, odrazu nam wychyli igłę magnesową z jej dawnego położenia wewnątrz ramki.

To właśnie będzie dowodem istnienia prądu w danej chwili, a jednocześnie przekona nas o użyteczności przyrządu.

NAPIĘCIE ELEKTRYCZNE.

Łuk, procę, czy sprężynę możemy słabiej lub mocniej naciągnąć, a wtedy wyraźnie czujemy, jak dążą one do osiągnięcia swego dawnego położenia. Mówimy w takich razach, że luk, proca, lub sprężyna są mniej lub więcej napięte.

Przy większym napięciu może sprężyna np. przezwyciężać nawet znaczne przeszkody, które utrudniają jej powrócenie do dawnego stanu równowagi.

W zjawiskach elektrycznych spotykamy również stany zbliżone do wymienionych.

Naładowana butelka lejdejska, w chwili, gdy jedną z kul rozbrajacza dotknęliśmy do jej okładki zewnętrznej (rys. 168), a drugą właśnie zbliżamy do galki pręta, przypominać się zdaje silnie napiętą sprężynę, która łączy

chwila, przewyciężywszy przeszkody, straci to swoje napięcie, powracając do stanu pierwotnego.

Również i nasza butelka lejdejska po rozbrojeniu powróci do stanu bezelektrycznego, a więc, jak zwykliśmy mówić w takich razach, straci swoje napięcie elektryczne.

Człowiek, izolowany zapomocą stolka o porcelanowych nóżkach, został naelektryzowany (rys. 162) przy pośrednictwie maszyny elektrycznej. Elektryczność na nim skupiona również dąży do rozbrojenia, ponieważ zbliżając do niego palec, tak samo otrzymujemy iskrę elektryczną, jak przy rozładowaniu butelki lejdejskiej. Gdy mocniej naładujemy człowieka izolowanego lub butelkę, to iskry przy ich rozbrajaniu będą dłuższe; znaczy to, że dążność do rozbrajania tych ciał będzie silniejsza, bo może przewyciężyć opór nawet grubszej warstwy powietrza (powietrze — zły przewodnik).

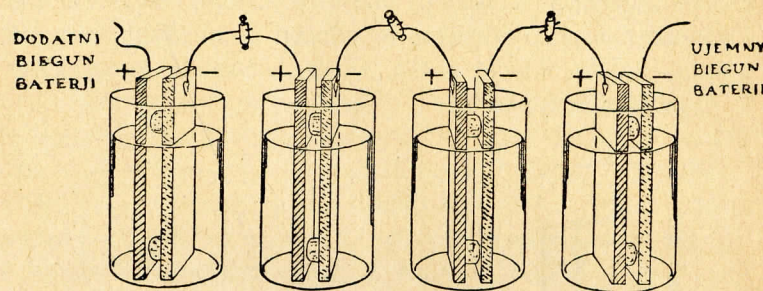
O wszystkich ciałach naelektryzowanych, które przez to dążą do wyładowania, a więc do wyzbycia się stanu elektrycznego, mówimy, że posiadają większe lub mniejsze napięcie elektryczne.

Jak potężne napięcie elektryczne musi być właściwe chmurze podczas burzy, skoro rozbraja się ona do ziemi tak olbrzymią iskrą! Przeciwnie, bardzo małe napięcia muszą posiadać druty, połączone z biegunami pojedynczego ogniwa lub nawet baterij, złożonych z kilku znanych nam ogniw, skoro isierki przy ocieraniu tych drutów o siebie są ledwie dostrzegalne.

W ogniwach każdy z biegunów jest naelektryzowany przeciwnie, a to przy ich połączeniu przewodnikiem staje się przyczyną prądu elektrycznego. Skoro zaś każdy z biegunów ogniwa dąży do rozbrojenia, to posiada on również napięcie elektryczne; nazywamy je *napięciem biegunowem*. Jest ono zwykle nierównie mniejsze, niż to

napięcie, które otrzymywaliśmy, elektryzując różne ciała zapomocą maszyny elektrostatycznej (rys. 161).

Możemy napięcie to wydatnie powiększyć, łącząc ogniwa w tak zwane *baterje*, z pewnej liczby tych ogniw złożone. Pospolicie łączymy je tak, jak to wskazuje rysu-



Rys. 191.

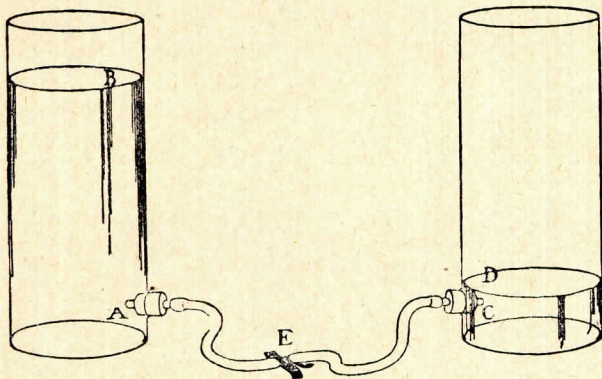
nek 191, a wtedy napięcie biegunowe rośnie ze wzrostem ilości ogniw i właśnie w prostym stosunku do liczby tak spiętych ogniw. Cztery ogniwa dadzą w tym razie napięcie czterokrotnie większe, niż jedno ogniwo. Stąd zastosowanie takich skupień ogniw do otrzymywania odpowiednio silniejszych prądów.

NATEŻENIE PRĄDU ELEKTRYCZNEGO.

Prąd wodny. Na rys. 192 przedstawione są dwa naczynia, połączone rurką gumową, którą w środku zamknięto odpowiednim zaciskiem E. W naczyniach mamy wodę na wysokościach różnych. Gdy zacisk E zostanie usunięty lub zluźniony, woda zacznie przepływać z jednego naczynia do drugiego, w rurce łączącej A C otrzymamy prąd wody, trwający tak długo, aż poziomy cieczy w naczyniach staną się równe. Przy rurce łączącej o średnicy niezbyt małej wyrównanie się poziomów nastąpi

dosyć prędko, ponieważ prąd w takiej rurce płynąć będzie obficie, t. j. w ciągu każdej, powiedzmy, minuty przez pewne miejsce rurki przesuną się znaczniejsze ilości wody.

Gdyby teraz te same naczynia przy takiej samej różnicy poziomów zawartej w nich cieczy zostały połączone rurką o takiej, jak poprzednia, długości, ale z kanałem bardzo wąskim, to od razu zauważylibyśmy, iż upłynie daleko więcej czasu, zanim zrównają się poziomy w obydwu naczyniach.



Rys. 192.

Cóż stąd za wniosek? Prąd w rurce węższej musiał obecnie dostarczać w każdej chwili nierównie mniej cieczy niż poprzednio. A więc w tym drugim wypadku, w ciągu każdej np. minuty przez rurkę łączącą przepływała daleko mniejsza ilość wody, niż przedtem. To też taki prąd mielibyśmy prawo nazwać słabszym od poprzedniego.

Co jednak było przyczyną ruchu wody w obydwu przykładach?

Wszak przy końcu lewym A rurki ciecz znajduje się pod ciśnieniem słupa o wysokości A B, a przyp ra-

wem jej ujściu uciska tylko krótki słup C D. Nie też dziwnego, że cząsteczki cieczy, popychane silniej od lewej strony ku prawej, niż odwrotnie, właśnie poruszały się w rurce od końca jej A ku końcowi C.

Jakże długo mógł trwać ruch taki?

Skoro przyczyną jego była nierówność ciśnień, to musiał on ustać z chwilą, gdy te się zrównały, t. j. gdy poziomy cieczy osiągnęły jednakowe wysokości.

Skoro przyczyny ruchu w obydwu przykładach były te same (jednakowa różnica ciśnień przy końcach rurki), dlaczego w takim razie prąd drugi był słabszy od pierwszego? Odpowiedź na to znajdujemy tylko jedną: rurka węższa stawia ruchowi cieczy opór większy, niż szersza. Podobne zwiększenie oporu, a więc osłabienie prądu, zauważylibyśmy, biorąc rurkę przy tej samej średnicy kilkakrotnie dłuższą od używanej przez nas w pierwszym przykładzie.

Dotąd mówiliśmy tylko o prądzie wodnym, ale to, co tutaj poznaliśmy, ułatwi nam zorientowanie się również i w zjawiskach prądu elektrycznego, do których obecnie przechodzimy.

PRĄD ELEKTRYCZNY.

Warunkiem istnienia prądu cieczy, jak już o tem była mowa, jest różnica poziomów cieczy w zbiornikach, pomiędzy którymi taki prąd przepływa.

Cóż jest niezbędne dla powstania prądu elektrycznego? W przypadku cieczy — różnica poziomów, w przypadku elektryczności — różnica napięć elektrycznych.

Gdy okładki naładowanej butelki lejdejskiej łączymy zapomocą rozbrajacza, powstaje chwilowy prąd elektryczny, któremu towarzyszy iskra. Okładka zewnętrzna butelki nie ma dążności do rozbrojenia swego ładunku

do ziemi, bo przecież jest z tą ziemią ciągle połączona (rys. 165), a pomimo to swego ładunku, t. zw. związanego, nie traci. Przeciwnie, wewnętrzna, szkłem butelki od ziemi oddzielona, dąży do rozbiorzenia, dowodem czego iskra, otrzymana przy zbliżaniu galki rozbijacza. A więc obydwie okładki butelki mają niejednakowe dążności do rozbiorzenia, czyli, jak mówimy w takich razach, różne napięcia elektryczne: wewnętrzna okładka napięcie większe lub mniejsze, zewnętrzna — równe zeru. Z tego też względu przy łączeniu ich przewodem (rozbijaczem) otrzymujemy prąd elektryczny. A bieguny ogniwa lub baterji? Wszak są różnie naelektryzowane: jeden dodatnio, drugi ujemnie; to też i napięcia elektryczne tych biegunów są różne, stąd przy połączeniu ich przewodem (drutem) — powstaje prąd elektryczny.

Skoro jednak prąd powstał, może być on (podobnie jak i prąd wodny) słabszy i silniejszy.

Przez obfitość prądu elektrycznego także rozumiemy mniej lub więcej obfity przepływ elektryczności w danym czasie przez jakikolwiek przewodnik. Zależnie od większej lub mniejszej ilości ładunku elektrycznego, przepływającego przez drut w jednakowym czasie, rozróżniamy prądy, jak mówimy, o dużym lub małym *natężeniu*.

Jakież są objawy tych prądów o większym natężeniu w porównaniu ze słabszymi? Wszak elektryczności nie możemy widzieć, jak to miało miejsce w przypadku wody.

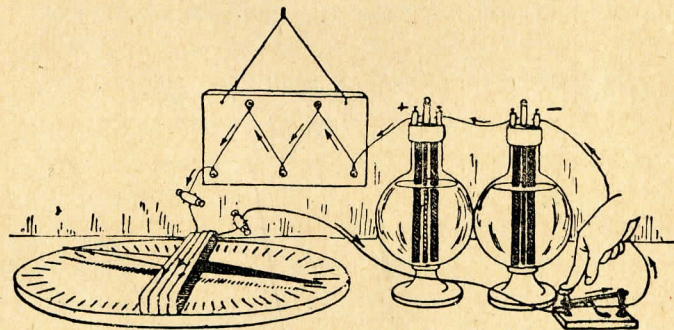
Wiemy już jednak, że prąd elektryczny, przechodzący przez powietrze, wywołuje iskrę, że odchyła on również igłę magnesową, znajdującą się w pobliżu. Otóż przy silniejszym prądzie iskra elektryczna staje się grubsza, bardziej świecąca (błyskawica) i hałaśliwa (grzmot), a igła magnesowa zaczyna zbaczać coraz znacznie od swego dawnego położenia, jeśli w najbliż-

szem jej otoczeniu prąd elektryczny, płynący po drucie coraz bardziej się wzmaga.

Właśnie, biorąc pod uwagę mniejsze lub większe odchylenie igły magnesowej z jej pierwotnego położenia równowagi, postaramy się zbadać, co wpływa na wzmoczenie lub osłabienie natężenia prądu elektrycznego.

OPÓR ELEKTRYCZNY.

I. Do naszych doświadczeń użyjemy baterji, złożonej np. z 2-ch ogniw Greneta lub Leclanché. Jeden z biegunów takiej baterji łączymy z prawym końcem drucika żelaznego ($\frac{\text{grubość około: } 0,3 - 0,4 \text{ mm.}}{\text{dług. 2 metr.}}$), który w postaci łamanej, zygzakowatej linii jest rozpięty przy pomocy pluskiek na deseczce, wiszącej na ścianie (rys. 193).



Rys. 193.

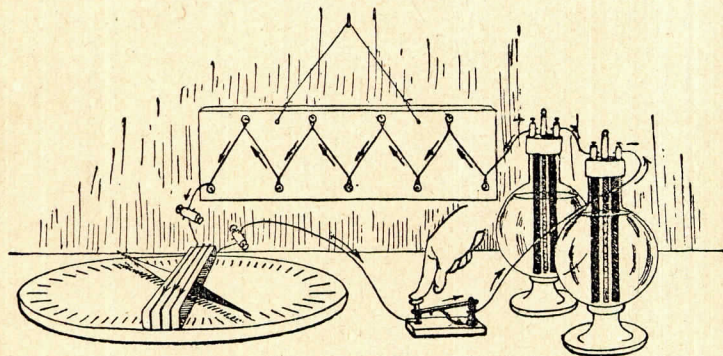
Lewy koniec tegoż drucika wkładamy do jednego z łączników galwanoskopu, umieszczonego po lewej stronie naszego rysunku (porównaj rys. 190). Drugą śrubkę galwanoskopu drutem łączymy z lewym końcem klucza (o kluczu patrz rys. 185), który na rys. 193 naciska ręka. Wkońcu pozostanie nam tylko jeszcze przerzucić drut od prawej strony klucza do drugiego dotąd wolnego bieguna baterji (na rys. ujemnego), a droga dla prądu będzie już gotowa.

W ten sposób ogniwa baterji, wyżej wspomniany drucik żelazny, inne druty łączące galwanoskop i klucz tworzą jeden całkowity obwód prądu, który zamknijemy lub przerwiemy, zależnie od tego, czy klucz naciśniemy lub nie.

Naciśnijmy teraz klucz, a odrazu zauważymy, że igła magnesowa w galwanoskopie wyjdzie z położenia równowagi. Przed puszczeniem prądu należy pamiętać o tem, żeby igła była równoległa do poziomych części zwojów galwanoskopu, t. j. przypadła w płaszczyźnie pionowej, przez nie przesuniętej. Przepuszczamy chwil parę prąd. Igła, zmniejszając swoje wahania, zajmuje wreszcie pewne położenie; zauważmy na podziałce wielkość jej odchylenia. Przerywamy prąd, igła po kilku wahanach wraca do pierwotnego położenia równowagi.

Długość przewodnika a jego opór elektryczny.

II. Drucik żelazny, rozpięty zygzakowato na deseczce, zastępujemy innym takiej samej grubości, lecz



Rys. 194.

2 razy dłuższym od poprzedniego, rozpinając go na desce tak samo, jak i poprzedni (rys. 194) i włączając

w obwód prądu zupełnie podobnie, jak to było w pierwszym przykładzie. Naciśnijmy klucz (porównaj rys. 194 i 193). Igła magnesowa odchyliła się znacznie mniej, niż w poprzednim wypadku. Stąd wnosimy, iż obecnie prąd mamy słabszy.

A przecież źródło prądu — bateria — pozostało to samo. Zapewne, ale prąd teraz ma do przebycia w druciku żelaznym drogę dwukrotnie dłuższą, niż poprzednio chociaż jednakowo szeroką. Ten wpływ hamujący przewodnika, po którym płynie prąd, natężenie tegoż prądu nazywamy *oporem elektrycznym* przewodnika. Jak widać z przytoczonego doświadczenia, opór ten wzrasta razem z długością przewodnika. To samo właśnie spotykaliśmy już przy prądzie wodnym.

Wpływ grubości przewodnika na jego opór elektryczny.

III. Gdybyśmy teraz drucik żelazny, w II-gim przykładzie stosowany, zastąpili innym, również żelaznym takiej samej długości, lecz grubszym (zmierzyć zapomocą mikrometru według str. 17), to, postępując w szczegółach tak, jak i poprzednio, łatwo byśmy zauważyli, że przy naciśnięciu klucza powstawałby prąd wyraźnie silniejszy, niż w doświadczeniu II-gim. Dlaczego? Drut grubszy, dostarczając szerszej drogi prądowi elektrycznemu, stawia przez to i opór elektryczny mniejszy, niż drut cienki, a jednakowo długi.

Podobnież i przepływ wody napotyka na większy opór w cienkiej rurze, niż w grubej, a przeto w tej ostatniej płynie prąd silniejszy, niż w pierwszej.

Materiał przewodnika a jego opór elektryczny.

Dotąd posługiwaliśmy się ciągle drutem żelaznym, zmieniając kolejno jego wymiary i badając w ten sposób, jaki wpływ mają te wymiary na opór elektryczny drutu.

Ale przecież do przewodzenia elektryczności bywają używane i inne jeszcze metale, a w szczególności miedź. Dawniej mówiliśmy, że wogóle wszystkie metale są dobrymi przewodnikami elektryczności, obecnie należy nam bliżej zapoznać się z ich przewodnictwem, przeprowadzając porównanie pod tym względem pomiędzy nimi.

IV. A więc weźmy drut miedziany takiej samej długości i grubości, jak drut żelazny w przykładzie II-gim i, umocowawszy go na deseczce, połączmy jego końce z kluczem, ogniwem i galwanoskopem zupełnie w taki sposób, jak to miało miejsce przy żelazie.

Naciskamy klucz i coś od razu rzuca nam się w oczy?

UWAGA: Doświadczenie II-gie z żelaznym drutem tej samej długości i grubości, co obecnie użyty drut miedziany, dobrze jest jeszcze raz powtórzyć przed naszym eksperymentem obecnym dla lepszego porównania odchylen igły magnesowej w obydwu rozważanych wypadkach.

Oto igła magnesowa została rzucona i trwale (dokład klucz jest naciśnięty, i prąd płynie po drutach) odchyłona nierównie silniej, niż to było przy użyciu drutu żelaznego najzupełniej tych samych wymiarów, co i ostatnio zastosowany drut miedziany.

Co wpłynęło na zmianę wielkości wychylenia igły?

Wymiary (długość i grubość), będąc w obydwu wypadkach jednakowymi, nie mogły tu zmienić natężenia prądu, a więc pozostaje tylko wpływ materiału użytego przewodnika.

Skoro teraz prąd otrzymaliśmy obfitszy, bo działanie jego na igłę silniejsze, to stało się tak tylko dlatego, że miedź jest daleko lepszym przewodnikiem, niż żelazo, ponieważ, jak widzimy, stawia mniejszy od niego opór prądowi elektrycznemu.

Robiąc podobne próby ze srebrem, aluminium, mo-

siądzem i innymi metalami, można byłoby się przekonać, że najlepszym przewodnikiem wśród metali jest srebro, potem mało co od niego gorszy (a o wiele tańszy) miedź, dalej aluminium, mosiądz, żelazo i t. d. Jednym z najgorzej przewodzących metali jest rtęć.

Teraz rozumiecie, dlaczego to druty do oświetlenia elektrycznego, telefonów a nawet dzwonków elektrycznych zwykle bywają miedziane.

Prawda, że druty telegraficzne, rozpięte na słupach, są żelazne, ale też ciągną się one na olbrzymich przestrzeniach, a więc z miedzi kosztowałyby zbyt drogo. Jednakże, chcąc ułatwić prądowi elektrycznemu przepływanie po takich drutach, robi się je znacznie grubszy, niż np. druty do dzwonków lub telefonów.

Wpływ napięcia elektrycznego na natężenie prądu.

V. W ostatnich doświadczeniach używaliśmy stale tej samej baterji, złożonej z 2-ch ogniw. Otóż obecnie, zauważywszy, jak wielkie daje odchylenie igła w galwanoskopie przy użyciu drutu żelaznego z doświadczenia II-go i przed chwilą wzmiankowanej baterji, zmieniamy ilość ogniw w tej baterji. Np. łączymy z tym samym drutem żelaznym (z doświadczenia II-go), galwanoskopem i kluczem tylko jedno ogniwo, używając go tylko wyłącznie, jako źródła prądu.

Igła w galwanoskopie odchyli się nam znacznie mniej niż to zaobserwowaliśmy w doświadczeniu II-gim; prąd zatem otrzymaliśmy słabszy.

Co wpłynęło na jego osłabienie?

Przecież linja prądu poza ogniwem pozostała niezmieniona, bo ciała (drut żelazny, galwanoskop, klucz), tworzące obwód, czy drogę prądu, z wyjątkiem samego źródła prądu, pozostały te same.

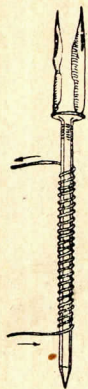
Przyczyną osłabienia prądu w ostatnim przykładzie

było mniejsze napięcie biegunowe źródła prądu, ponieważ zamiast 2-ch ogniw użyliśmy tylko jednego.

Tak samo prąd wodny, jakiby powstał przy połączeniu dwóch naczyń z wodą, byłby silniejszy, gdyby poziomy zawartej w nich cieczy bardziej się od siebie różniły. Wtedy dążność do wyrównania tych poziomów byłaby większa niż przy małej różnicy pomiędzy nimi. Tak więc natężenie prądu elektrycznego wzrasta się nie tylko wtedy, gdy opór przewodników maleje, ale także i w tym wypadku, kiedy napięcie biegunowe źródła prądu staje się większe.

ELEKTROMAGNES.

Wziąwszy baterję, złożoną np. z 2-ch ogniw Greneta połączmy bieguny jej przy pośrednictwie znanego już nam klucza z końcami miedzianego izolowanego drutu, który został nawinięty na duży hak, gwoździć, lub jaki pręt żelazny. Zbliżmy teraz do jednego z końców tak owiniętego żelaza (rys. 195) zwykle gwoździki lub stalówki.



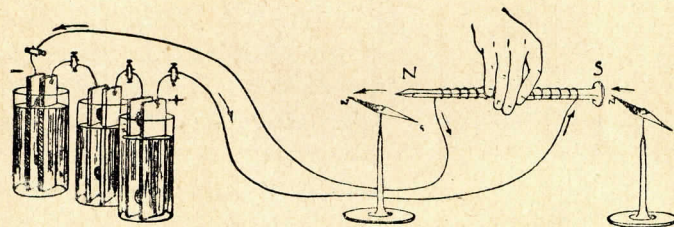
Rys. 195. przerwany. Z tego też względu takie magnesy nazwano *elektromagnesami*.

Poprzednio, gdy była mowa o magnetyzmie, dowiedzieliśmy się, że każdy magnes posiada dwa bieguny, a więc i nasz gwoździć, skoro podczas przepływu prądu

staje się magnesem, również takie bieguny ujawniać powinien.

Dla stwierdzenia tego weźmy do pomocy dwie igły magnesowe. Pomiedzy nimi umieszczamy gwoździć, owinięty drutem izolowanym, po którym płynie prąd z baterji (rys. 196). Oto prawy koniec gwoździa przyciąga biegun północny jednej z igieł, a lewy takiż biegun drugiej igły odpycha. Naturalnie, stąd wnioskujemy, że prawa strona gwoździa ujawnia magnetyzm południowy (S), a lewa — północny (N).

A więc wzięty do doświadczenia kawałek żelaza ujawnia wszelkie znane nam cechy magnetyczne, istnieje



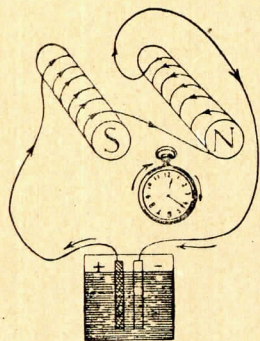
Rys. 196.

jące jednakże dotąd, póki w najbliższym otoczeniu przepływa prąd elektryczny. W rzeczywistości i po przerwaniu go pozostają jeszcze w żelazie własności magnetyczne, ale już w bardzo słabym stopniu.

Zróbmy teraz doświadczenie z jakimś przedmiotem stalowym, np. z kilku grubszy drutami (stalowymi), używanymi do robienia pończoch. Owijając je drutem miedzianym (izolowanym), przepuszczamy prąd, jak poprzednio. Gdy prąd przerwiemy, zauważymy łatwo, że druty obdarzone zostały trwałymi własnościami magnetycznymi, ujawniając odpowiednie bieguny na swoich końcach. Przyciągają one opilki żelazne, lekkie gwoździki i t. d. Widzimy więc, że i w przypadku prądu elektrycz-

nego stal, tem się różni od żelaza miękkiego, iż magnesuje się na stałe, gdy żelazo tylko w sposób przemijający.

W jednym z poprzednich doświadczeń wykrywaliśmy zapomocą igły magnesowej bieguny elektromagnesu. Potworzymy to doświadczenie, ale w cokolwiek zmienionej formie. Mianowicie, końce drutu, owijającego gwóźdź, połączmy z przeciwnymi niż przedtem biegunami ogniwa, i zbadajmy ponownie, posługując się igłą, bieguny elektromagnesu. Teraz bieguny stały się odmienne.



Rys. 197.

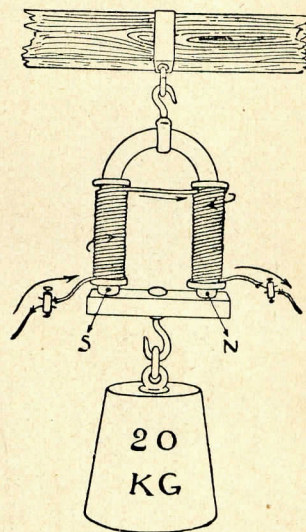
skutek wywołuje przyczepienie końców drutu elektromagnesu do innych niż przedtem biegunów ogniwa? Naturalnie, inny kierunek prądu w zwojach tegoż drutu. Zależność zaś między kierunkiem prądu a rodzajem biegunów elektromagnesu podaje rys. 197. Strzałki na tym rysunku wskazują kierunek prądu w elektromagnesie.

Pomiędzy dwoma elektromagnesami znajduje się zegarek, a podana tuż koło niego strzałka przypomina, w którą stronę odbywa się zwykły ruch wskazówek zegarowych. Porównajcie go z kierunkiem prądu w elektromagnesach prawym i lewym i postarajcie się zapamiętać regułę, która głosi, że koniec elektromagnesu, zwrócony do nas, wskazuje magnetyzm północny, wtedy, gdy naokoło niego prąd elektryczny obiega w kierunku przeciwnym ruchowi wskazówek zegara. Natomiast koniec, na który patrzymy, staje się biegunem południowym w tym wypadku, gdy go prąd okrąża zgodnie z ruchem wska-

zówek zegarowych. Zastosujcie tę regułę do rys. 196 i 198.

Elektromagnes są o wiele silniejsze, niż stałe magnesy sztuczne czy też naturalne, szczególnie o ile będziemy się posługiwali dostatecznie mocnymi prądami. Silnym elektromagnesom nadaje się zwykle kształt podkowy; ramiona podkowy są owinięte tym samym drutem, lecz każde z nich w kierunku przeciwnym, przez to na końcach takiego elektromagnesu powstają bieguny różnoimienne. Zwykle zwoje drutu w kilku warstwach (jedna na drugiej) otaczają żelazny rdzeń podkowy (rys. 198).

Przepuścimy przez taki elektromagnes prąd z baterji, złożonej np. z 3-ch ogniw Greneta. Kawalek żelaza, t. zw. zwora magnetyczna, przyciągnie się wtedy przez elektromagnes tak silnie, że trudno ją oderwać (powierzchnie zwory i końców elektromagnesu powinny być możliwie wygładzone i dobrze przylegać do siebie). Zworę można niekiedy obciążyć znacznymi ciężarami, co daje pojęcie o sile przyciągania, a nawet daje możliwość wyrazić wielkość tej siły przez odpowiednią ilość kilogramów.



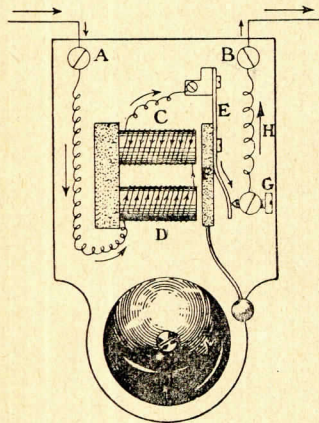
Rys. 198.

Obecnie wszystkie magnesy stałe, czyli trwałe, sprzedawane zwykle w kształcie podków, są sporządzane tylko przy pomocy magnesującego działania prądu elektrycznego. Naturalnie materiałem, do tego celu używanym, musi być stal, a nie żelazo kowalne.

ZASTOSOWANIA ELEKTROMAGNESÓW. DZWONEK ELEKTRYCZNY.

Z poprzednich doświadczeń dowiedzieliśmy się, iż żelazo jest silnym magnesem tylko przez czas trwania prądu elektrycznego w zwojach otaczającego je drutu; ta cecha elektromagnesu znalazła liczne i bardzo cenne zastosowania.

Na rys. 199 widzimy *dzwonek elektryczny* w formie najprostszej, która tem łatwiej pozwoli nam poznać zasady jego konstrukcji. Prąd elektryczny z baterji niezaznaczonej na rysunku

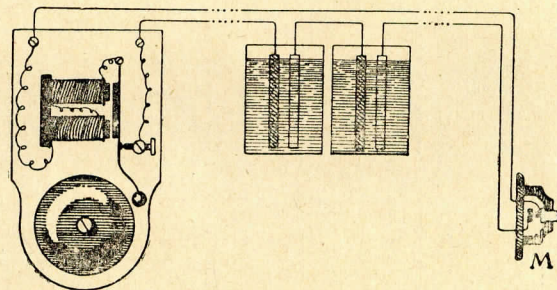


Rys. 199.

dzwonka. A więc prąd przez sprężynkę E, śrubkę G i drut H zmierza ku górnej wyjściowej śrubie B i, przechodząc przez nią, wraca do baterji.

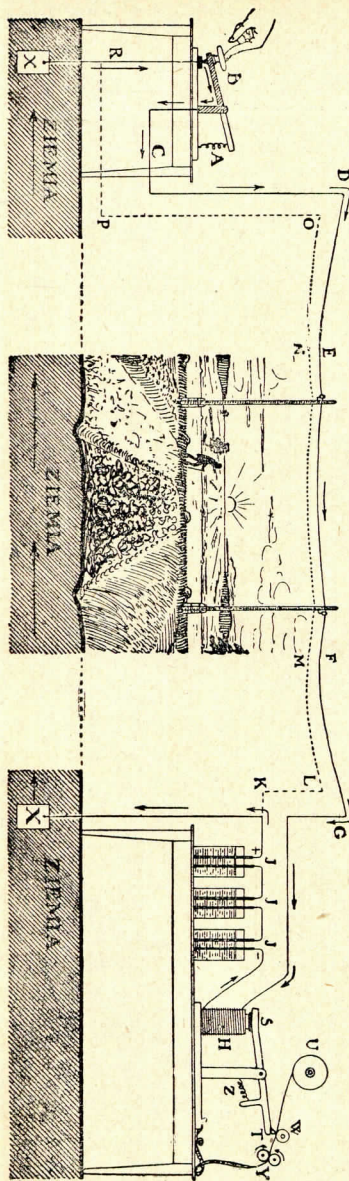
Jakie zmiany zajdą w położeniu niektórych części dzwonka, gdy prąd przebiegnie? Naturalnie elektromagnesy zaczną działać, przyciągając ku sobie żelazną płytkę F, która się obok znajduje. Płytkę, przyskakując, pociągnie za sobą młoteczek (składa się on z kulki i pręcika, osadzonych na tej samej sprężynce E, co i płytka żelazna E), a ten uderzy wtedy o metalowy klosz na-

szego dzwonka, wywołując dźwięk, o który nam tu chodziło. Nie wystarczyłoby jednak uderzenie pojedyncze. Jakże powstają następne? Płytkę F, jak mówiliśmy, zbliżyła się do elektromagnesów, ale wtedy pociągnęła za sobą nie tylko młoteczek, który uderzył o dzwonek, lecz i sprężynkę E. Sprężynka jednak, dotykając śrubki G, tworzyła tem samem w danem miejscu odpowiednie połączenie dla prądu, które odrazu zostaje przerwane, gdy się sprężynka E od śrubki G oddali, a w tejże chwili i sam prąd się zrywa. Lecz wówczas elektromagnesy C i D odrazu przestają działać. Sprężynka zaś E, odsuwa-



Rys. 200.

jąc wtedy nieprzyciąganą już płytkę F na dawne miejsce, znowuż dotknie śrubki G. Prąd elektryczny zaczyna płynąć powtórnie, bo przerwane przed chwilą połączenie koło śrubki G zostało wznowione; wobec tego elektromagnesy przyciągają płytkę F, a młoteczek po raz drugi uderza w klosz dzwonka. Następuje nowa przerwa prądu i t. d. Słowem, dzwonek dzwoni, a prąd ciągle *sam się przerywa* i *zamyka* naprzemian dotąd, póki palcem naciskamy t. z. guzik. Guzik składa się z okrągłej oprawy, która zawiera w sobie dwie sprężyste blaszki; jedna z nich jest połączona z drutem, prowadzącym do ogniwa, a druga z dzwonkiem (patrz rys. 200). Blaszki nie



stykają się wzajemnie. Ze tknięcie następuje w chwili, gdy, uciskając guziczek palcem, zbliżam y jedną blaszkę do drugiej. Skoro palec usuniemy, blaszki, będąc sprężystymi, odskakują od siebie i tem wywołują przerwę prądu.

TELEGRAF ELEKTROMAGNETYCZNY.

Jeśli ciekawe jest zastosowanie elektromagnesu w dzwonku elektrycznym, to jakże imponujące w skutkach musi się wydawać pomysłowe zużytkowanie własności tegoż elektromagnesu w powszechnie znanym telegrafie.

Spójrzmy na rys. 201. Lewa i prawa część jego oznaczają 2 stacje telegraficzne w dwu miejscowościach, znacznie od siebie oddalonych, a połączonych t. zw. linią telegraficzną (t. j. drutami DEFG, rozpiętymi na słupach). Klucz AB, druty, łączące ogniwa baterji (JJJ), i elektromagnes H, stanowią jeden całkowity obwód prądu, który może w takim ob-

wodzie przepływać tylko w tym wypadku, gdy klucz AB został naciśnięty, jak to wskazuje załączony rysunek. Wtedy bowiem prąd elektryczny przedostanie się z drutu R na górną lewą połowę klucza AB (dolna część klucza — jego podstawa — nie jest przewodnikiem prądu), a stamtąd może wrócić do baterji (JJJ), która go wytworzyła.

Ale jakże w takim razie zachowa się elektromagnes H na stacji odbiorczej (prawa strona rysunku)? Przyciągnie on wtedy płytkę żelazną S i będzie ją trzymał tak długo, jak długo naciskać będziemy klucz AB na stacji wysyłającej (lewa strona rysunku). A więc każde dłuższe lub krótsze przyciśnięcie klucza na stacji wysyłającej wywołuje równie długotrwałe przyciąganie płytki S przez elektromagnes na stacji odbiorczej, chociaż jedno i drugie może być od siebie oddalone o całe dziesiątki i setki kilometrów.

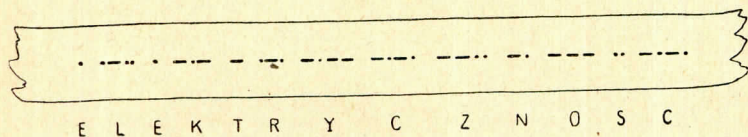
Stąd widzimy, że prąd elektryczny i jego działanie magnesujące umożliwia dawanie sygnałów i porozumiewanie się w ten sposób nawet ze znacznych odległości, przytem z szybkością olbrzymią, właściwą prądowi elektrycznemu.

Od nas samych teraz zależeć będzie, jaki rodzaj znaków umówionych uznamy za najbardziej dogodny dla sygnalizacji elektrycznej pomiędzy stacjami telegraficznymi.

Właśnie aparat piszący w telegrafie Morsego (przedstawiony z prawej strony na rys. 201 i oznaczony literami HSZTUWY) ogromnie upraszcza tę sprawę porozumiewania się. Elektromagnes H, przyciągający pod wpływem prądu płytkę żelazną S, przechyla przytem drążek ST, na którym owa płytka jest osadzona z lewej strony. W takim razie koniec T tegoż drążka, zaopatrzony w odpowiedni ołówek, podniósłszy się do góry, dotyka papierowej taśmy, przesuwającej się obok kółka W; taśmę

ciągną i odwijają z błočka U dwa obracające się wałeczki Y, wprawiane w ruch osobnym mechanizmem zegarowym. Sprężynka Z odrywa ołówek T od taśmy, przywracając drążkowi ST pozycję poziomą w chwilach, odpowiadających przerywaniu prądu.

O ile na stacji wysyłającej klucz (AB) naciskano dłużej, wówczas ołówek T drążka ST (na stacji odbiorczej), stykając się z taśmą czas dłuższy, znaczył na niej kreśkę, ponieważ sama taśma ciągle przez ten czas przesuwała się względem niego. Gdyby klucz AB tylko na chwilę wytworzył zamknięcie prądu, ołówek T tak krótko byłby w zetknięciu z taśmą, że mógłby na niej zaznaczyć za ledwie punkt jeden.



Rys. 202.

Z takich oto krótszych lub dłuższych zamknięć prądu, a więc zaznaczonych na taśmie papierowej kresiek i kropek, powstał alfabet telegraficzny Morsego, którego część, jako przykład, widzimy na rys. 202. Przedstawione tu kreski i kropki oznaczają litery potrzebne do napisania słowa: elektryczność.

Na rys. 201 stacje są połączone dwoma drutami, rozpiętymi na słupach; jeden z tych drutów (dolny) PONMLK jest zaznaczony linią przerywaną. Łączenie dwóch stacji zapomocą dwóch drutów wydaje się nam całkiem naturalne. Wszakże prąd z baterji JJJ musi mieć drogę z dobrego przewodnika dla dojścia do stacji sąsiedniej, a następnie takąż linię dla powrócenia do tejże samej baterji, która go wytworzyła. W dzwonku elektrycznym również

mamy dwa przewodniki, łączące ten dzwonek z baterją i guzikiem do zamykania i przerywania prądu (rys. 200).

W telegrafie jednak konieczność używania podwójnej linii (2 druty) dla połączeń między stacjami ogromnie powiększała koszt takiego urządzenia. Druty telegraficzne ciągną się wszak na setki i tysiące kilometrów! Wkrótce jednak po wejściu w użycie telegrafu zauważono, że można usunąć jeden z drutów łączących; wydawało się przytem początkowo, że zastępuje go ziemia, która, jak wiemy z poprzedniego, także jest przewodnikiem prądu.

Właśnie rys. 201 podaje, jak sobie przebieg prądu pierwotnie wyobrażano. Mianowicie drut R na stacji wysyłającej i drut K od jednego z biegunów baterji na stacji odbiorczej łączymy z płytami X X, zakopanymi w głębszych, wilgotnych warstwach ziemi (podobnie jak przy piorunochronie, str. 310). Wtedy prąd elektryczny, przepływający z jednej stacji do drugiej, może się obejść bez drutu PONMLK, przechodząc część swej drogi przez ziemię, jak to wskazują załączone strzałki. Dziś wszakże przyjmujemy, że prąd elektryczny, biegnący z jednej stacji na drugą po linii telegraficznej, nie wraca już do stacji pierwszej przez ziemię, lecz że ładunki prądów przynieszone rozpraszają się w ziemi u stacji odbiorczej.

Teraz, gdy już wiemy, na czym polega zasada urządzenia tego imponującego wynalazku, który nazywamy telegrafem, przenieśmy się myślą o jakie sto lat wstecz, kiedy jeszcze go wcale nie znano. Pomyślcie, jak to wolno mogli się porozumiewać pomiędzy sobą mieszkańcy bardzo odległych od siebie krajów, a cóż dopiero ludzie, zamieszkujący różne części świata, oddzielone nieraz od siebie łańcuchami wysokich gór, lub przepastnymi głębokościami oceanów. Myśl ludzka, wyrażona słowem, musiała wtedy wędrować całymi miesiącami, zanim dotarła do miejsca przeznaczenia.

Dziś, gdy nawet morza i oceany przeszywa drut telegraficzny (w postaci kabla podmorskiego, ułożonego na dnie morza), łącząc ze sobą poszczególne części świata, słowo ludzkie w ciągu paru godzin lotem bardziej chyżym od najszybszego ptaka może dotrzeć do najwięcej oddalonych zakątków kuli ziemskiej, podtrzymując stale pomiędzy nimi pewną wspólność i częstą wymianę myśli. Takim jest telegraf i rola jego, jaką spełnia w dzisiejszym życiu ludzi cywilizowanych.

PRĄD INDUKCYJNY.

Dotąd w naszych doświadczeniach otrzymywaliśmy prąd trwały wyłącznie przy pomocy ogniwa lub baterji. Czy jednak oświetlenie elektryczne w miastach lub tramwaje elektryczne, warsztaty mechaniczne i inne podobne większe urządzenia, zasilane prądem elektrycznym, biorą go również tylko z odpowiednich baterji?

Nie, potrzebne tu potężne prądy otrzymują się na drodze, wskazanej przez wielkiego fizyka angielskiego, nazwiskiem Faraday (czytaj Faradej).

Magnesujące działanie prądu elektrycznego pozwoliło nam z żelaza i stali robić silne magnesy. Skoro ruch elektryczności (prąd elektryczny) wywoływał powstanie magnesu, to może i odwrotnie, ruch magnesu zdoła spowodować prąd elektryczny?

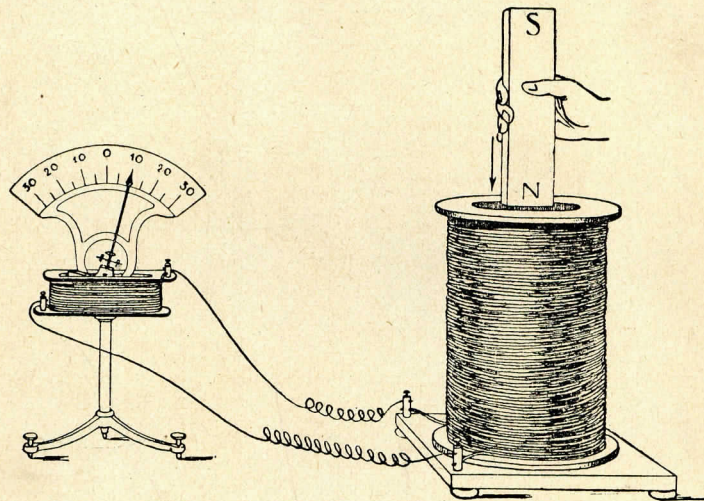
Spróbujmy sprawdzić to doświadczeniem.

I. Na rys. 203 z prawej strony widzimy t. zw. *cewkę*, t. j. szpulę z licznymi zwojami izolowanego drutu miedzianego; końce tego drutu są połączone z galwanoskopem (rys. 180).

Cewka i galwanoskop tworzą zamknięty obwód, w którym nie mamy żadnej baterji lub ogniwa; nie też dziwnego, że wskazówka w galwanoskopie pozostaje bez ruchu na zerze skali.

Wsuńmy teraz szybkim ruchem magnes do cewki (rys. 203), pilnie obserwując wskazówkę galwanoskopu.

Wskazówka się wychyliła mniej lub więcej ze swego położenia równowagi. A więc w cewce i galwanoskopie popłynął prąd elektryczny. Nie sądźcie jednak, że wystarczy umieścić tylko magnes w cewce, aby trwały prąd w niej popłynął, spostrzegacie przecież, że wskazówka,



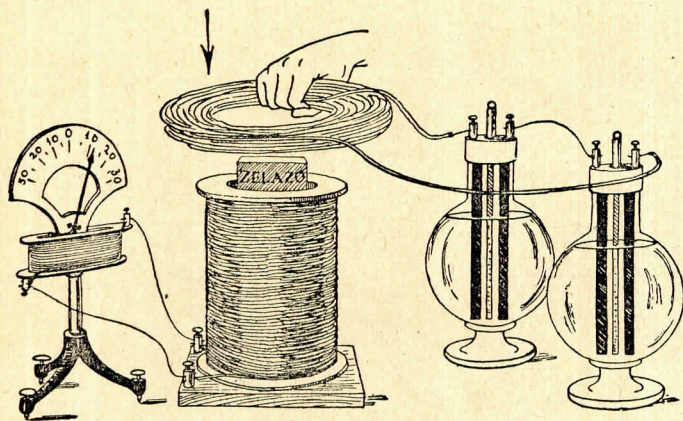
Rys. 203.

po chwilowem odchyleniu podczas wkładania magnesu do cewki, wróciła znowuż do zera skali, gdy magnes w cewce się zatrzymał.

Wysunawszy teraz równie szybko magnes z cewki, zauważymy, że wskazówka galwanoskopu też ulega odchyleniu, chociaż w stronę przeciwną, niż poprzednio. Otrzymaliśmy zatem prąd po raz drugi, ale o kierunku odmiennym od pierwszego.

Przerabiając te same doświadczenia, ale z tą różnicą, że przy usuwaniu magnesu zwracamy jego biegun południowy ku dołowi zamiast północnego (patrz rys. 203), przekonamy się, iż zbliżanie lub oddalanie bieguna południowego budzi prądy wprost przeciwnie, niż te, które powstają pod wpływem tych samych ruchów bieguna północnego.

II. Dotąd używaliśmy magnesu stalowego, ale przecież prąd elektryczny pozwala nam wytwarzać znacznie



Rys. 204.

silniejsze od stalowych elektromagnesy. Zastosujemy je również do badanego przez nas obecnie sposobu otrzymywania prądu elektrycznego. W tym celu wykonajmy doświadczenie w sposób, podany na rys 204. Widzimy na nim znowuż galwanoskop i cewkę, złączone razem; w cewce tkwi kawałek żelaza. Do cewki zbliżamy szybko (nakładając na nią) zwój miedzianego drutu izolowanego, po którym płynie prąd z baterji, obok ustawionej. W chwili nakładania tych drutów na cewkę żelazo staje się odrazu magnesem, ponieważ po drutach zbliżanych płynie prąd, który działa magnesująco. Skutek jest taki,

jakgdybyśmy naraz gotowy magnes włożyli do cewki; dlatego też powstaje w niej prąd, powodujący wychylenie wskazówki galwanoskopu. Przy oddalaniu zwojów drutu w cewce również budzi się prąd, lecz o kierunku przeciwnym do poprzedniego. Usuwanie drutów z prądem wywołuje odmagnesowywanie się żelaza wewnątrz cewki, co daje wynik, jakgdyby z jej wnętrza znikł magnes. Ta czynność zatem odpowiada najzupełniej wyjmowaniu magnesu w doświadczeniach poprzednich.

Gdybyśmy jednak zwoje drutu z płynącym w nich prądem z baterji trzymali jakiś czas wpobliżu cewki lub na niej samej zupełnie nieruchomo, to galwanoskop, podobnie jak i przedtem przy nieruchomym magnecie (patrz str. 345), nie ujawniłby prądu. Stąd wynika, iż właśnie ruch w doświadczeniach poprzednich był warunkiem koniecznym dla wywołania prądu elektrycznego w cewce. Łatwo jednak sprawdzić możecie, że obojętną jest rzeczą, co tu poruszać będziemy, czy magnes w pierwszym doświadczeniu lub zwoje drutu w drugim, czy też samą tylko cewkę w pierwszym i drugim wypadku, pozostawiając resztę przyrządów w spoczynku.

Prądy otrzymane w doświadczeniach powyższych, noszą nazwę *prądów indukcyjnych*. Spróbujmy określić bliżej warunki powstawania tych prądów.

Przestrzeń naokoło każdego magnesu lub elektromagnesu nazywa się w fizyce polem działania sił magnetycznych, albo krótko *polem magnetycznem*. W obszarze tym, pod wpływem sił magnetycznych żelazo i stal ulegają namagnesowaniu, igła zaś magnesowa odpowiedniemu odchyleniu.

Z doświadczeń powyższych wynika, że do wzbudzenia takiego prądu indukcyjnego też jest potrzebne pole magnetyczne, lecz odznaczające się swoją zmien-

nością. Prąd taki bowiem powstaje dopiero wtedy, gdy magnesem, zwojami drutu lub cewką poruszamy. Jeśli jednak cewkę zbliżamy do magnesu lub zwojów drutu z płynącym po nich prądem, to tem samem wprowadzamy ją w coraz to silniejsze części pola magnetycznego, gdyż magnes tem silniej przyciąga, im bliżej niego ciało przyciągane się znajduje. Gdy zaś cewkę i magnes wzajemnie oddalamy, to przez to samo przenosimy cewkę z silniejszych części pola do słabszych.

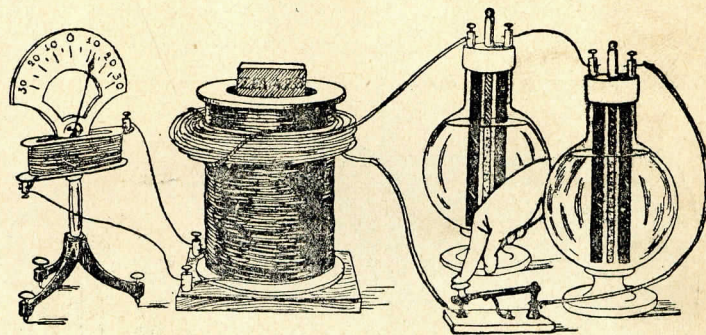
Tak więc ruch magnesu, zwojów drutu czy cewki samej, zmieniał nieustannie pole magnetyczne dookoła cewki, budząc w niej prąd indukcyjny. Skoro jednakże prąd taki powstaje tylko podczas ruchu i ustaje z jego zakończeniem, to wynika stąd, że prąd indukcyjny wytwarza się w przewodnikach wtedy, gdy znajdują się one w zmiennym polu magnetycznym.

Znając ten zasadniczy warunek, łatwo zrozumiemy, jak można jeszcze inaczej, niż dotychczas, wzbudzić prąd indukcyjny w przewodniku.

Jeden z takich sposobów właśnie przedstawia rysunek 205. Widzimy na nim zwoje drutu, włożone na cewkę i połączone z baterją przy pośrednictwie klucza, zaznaczonego na rysunku u dołu z prawej strony. Gdy naciskamy klucz, prąd zaczyna płynąć po drutach, nałożonych na cewkę, magnesując znajdujące się w jej wnętrzu żelazo. W razie usunięcia ręki, klucz odskakuje do góry i przerywa prąd, a razem z prądem znika i pole magnetyczne, które przed chwilą przez ten prąd zostało w żelazie i naokoło niego wytworzone. Jeśli będziemy kluczem prąd naprzemian przerywali i zamykali, to w samej cewce, połączonej z galwanoskopem, będzie się budzić przy przerywaniu prąd indukcyjny o kierunku innym, niż podczas zamykania. Przy zamykaniu prądu pole

magnetyczne powstaje, a przy przerywaniu jego znika, czyli więc w pierwszym wypadku rośnie od zera do pewnej wielkości (zamykanie), a w drugim od tej wielkości maleje do zera (przerywanie).

Ta zmienność pola magnetycznego w najbliższym otoczeniu samej cewki jest wystarczającym warunkiem dla wzbudzenia w niej prądu indukcyjnego, co też potwierdza zachowanie się wskazówki galwanoskopu, połączonego z cewką.



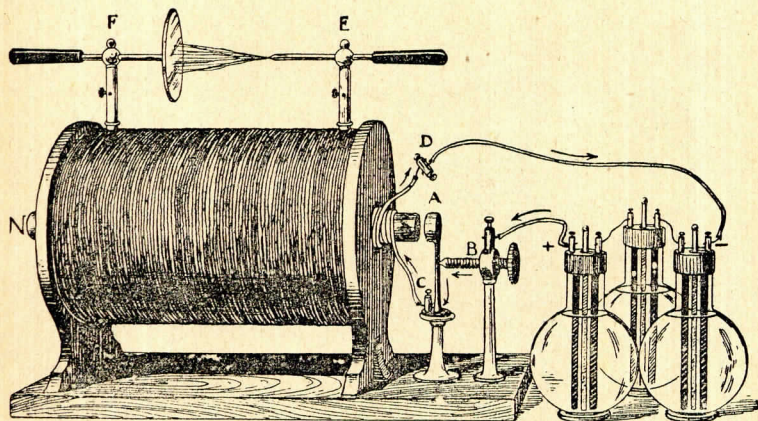
Rys. 205.

Na rys. 206 mamy przedstawiony przyrząd, w którym prąd indukcyjny powstaje właśnie zapomocą zamykania i przerywania innego prądu, płynącego z baterji. Z prawej strony rysunku widzimy baterję, złożoną z 3-ech ogniw Greneta; prąd z niej przechodzi do śrubki B przyrządu, a stamtąd do blaszki sprężystej, która u góry zakończona jest okrągłą płytką żelazną A. Z tej blaszki prąd wchodzi przez drut C do elektromagnesu NS, umieszczonego wewnątrz cewki. Obiegłszy zwoje drutu na tym elektromagniesie, prąd wraca po drucie D do baterji, która go wytworzyła.

Gdy tylko prąd odbędzie drogę, przed chwilą opisaną, elektromagnes NS przyciągnie żelazną płytkę A,

przerywając przez to drogę dla prądu przy przejściu jego ze śrubki B na blaszkę A C. Wtedy jednak elektromagnes NS straci własności przyciągające, płytka A wraca do dawnej pozycji, dotykając końca śrubki B, a to wywołuje nowe zamknięcie prądu, po którym dla przyczyn, przed chwilą zaznaczonych, nastąpi nowa przerwa prądu i t. d.

Prąd w elektromagnesie NS sam przez się czyli automatycznie będzie się ciągle naprzemian prze-



Rys. 206.

rywał i zamykał, wytwarzając naokoło siebie pole magnetyczne zmienne, w którym przebywa duża cewka, kryjąca w swym wnętrzu przed chwilą wspomniany elektromagnes. W niej też przy każdym przerwaniu i zamknięciu prądu w elektromagnesie budzi się prąd indukcyjny o kierunku zmiennym. Słupki F i E są połączone z końcami drutu, owiniętego na wzmiankowanej cewce. Prąd indukcyjny, wychodzący z cewki, w drodze od słupka F do E przechodzi przez powietrze, wywołując iskrę. Przyrząd tego rodzaju nosi nazwę *induktora Ruhm-*

korffa (nazwisko wynalazcy) i bywa najrozmaitszej wielkości, zaczynając od bardzo małych, używanych w lecznictwie i telefonach i kończąc na wielkich cewkach, stosowanych między innymi także i do otrzymania promieni Röntgena.

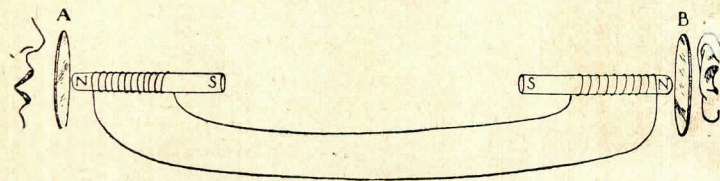
Prądnica (dynamomaszyna). Wszystkie potężne prądy elektryczne, używane np. do oświetlenia miast lub poruszania tramwajów czy warsztatów fabrycznych, są to prądy indukcyjne, które zwykle otrzymujemy w t. zw. elektrowniach. Tam właśnie spotykamy maszyny, zwane prądnicami albo dynamo-*maszynami*, które składają się z olbrzymich elektromagnesów i wielkiej ilości zwojów miedzianego drutu izolowanego (cewek) umieszczonych na pierścieniu żelaznym, wirującym pomiędzy elektromagnesami w ich polu magnetycznym. W tych to zwojach drutu krąży prąd indukcyjny, ale tylko dotąd, póki są w ruchu, zupełnie jak to było w naszych poprzednich doświadczeniach. Pracy potrzebnej do obracania zwojów prądnicy dostarczają maszyny parowe, albo koła wodne, poruszane rozpędem wody szybko bieżących rzek lub wodospadów.

TELEFON.

Znając warunki wytwarzania się prądu indukcyjnego, możemy tem łatwiej zrozumieć zastosowanie jego w *telefonie*, a więc w przyrządzie, pozwalającym odtwarzać głos ludzki w takiej odległości od miejsca jego powstania, która całkowicie uniemożliwia bezpośrednie jego usłyszenie.

Na rys. 207 widzimy dwa magnesy, oznaczone literami NS; każdy z nich owinięty jest drutem izolowanym, którego zwoje tworzą na obydwu magnesach jeden zamknięty obwód. Wpobliżu końców N każdego z magnesów umieszczone są blaszki żelazne A i B;

blaszki te pod wpływem magnesów (NS) same równie stają się magnesami. Przypuśćmy teraz, że jedną z nich A wprawiamy w ruch, np. bębniąc po niej palcami. W ten sposób blaszka A, która jednocześnie jest także magnesem, będąc poruszana w pobliżu zwojów, wzbudzi w nich, jak to wiemy z poprzedniego, prąd indukcyjny. Ten prąd popłynie do takichże zwojów na drugim magnecie w pobliżu blaszki B, wywołując swoim pojawieniem się wzmocnienie lub osłabienie tego magnesu, zależnie od tego, czy bieguny, wytwarzane przez prąd, będą zgodne z poprzednio już istniejącymi biegunami magnesu, czy im przeciwne. W przypadku wzmocnienia magnesu blaszka B zostanie przezeń silniej przy-



Rys. 207.

ciągnięta, t. j. poruszy się w jego stronę, w razie zaś osłabienia tegoż magnesu odskoczy ona w kierunku przeciwnym.

Stąd wnosimy, że każdy ruch jednej z blaszek, budząc prąd indukcyjny, wywoła dzięki działaniu tego prądu takiż ruch blaszki drugiej, chociażby znacznie oddalonej od pierwszej.

Gdyby jednak blaszka A była wprawiana w drżenie nie przy pomocy palców, lecz przez ruch powietrza, wytworzony głosem osoby mówiącej (ustami zwróconej ku blaszce), cóżby się stało z blaszką B?

Wtedy ta blaszka, powtarzając ruch blaszki A, stałaby się przyczyną takiegoż ruchu znajdującego się obok niej powietrza, co znowuż wywołałoby powstanie

głosu przy blaszce B, będącego dokładnem powtórzeniem słów, wypowiedzianych początkowo przy blaszce A. więc dwie miejscowości, połączone drutami, jak toazuje rys. 207, mogłyby się porozumiewać ze sobą osób najwygodniejszy, bo zapomocą mowy ludzkiej, przesyłanej z olbrzymią szybkością i odtwarzanej z dużą dokładnością. Wyżej wspomniana blaszka żelaza, osadzona razem z magnesem i zwojami drutu w odpowiedniej oprawie, nosi nazwę telefonu (słuchawki).

Łatwo zrozumiemy, jak wielkie znaczenie dla ułatwienia stosunków pomiędzy ludźmi może mieć telefon, skoro weźmiemy pod uwagę, że dziś miejscowości, oddległe od siebie o setki kilometrów, mogą, jak mówimy, «telefonicznie» rozmawiać ze sobą.

Telefon, używany w praktyce, został znacznie udoskonalony w porównaniu z opisanym wyżej swym pierwowzorem. Ma on własne osobne źródło prądu (bateria, prądnica), nadto jako przyrządek nadawczy (A) służy t. z. mikrofon.

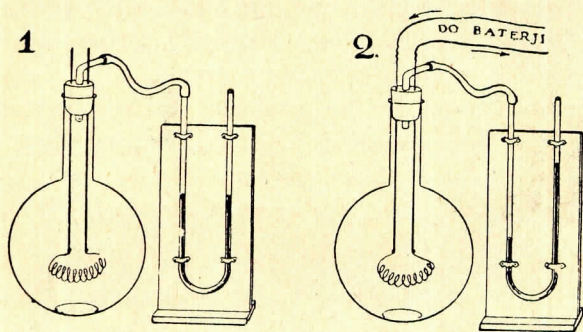
DZIAŁANIE CIEPLNE PRĄDU ELEKTRYCZNEGO.

Na rys. 208 z lewej strony widzimy pustą kolbę (zawierającą powietrze), zatkaną szczelnym korkiem, przez który przechodzą dwa druty, wystające u góry, i rurka, połączona z drugą rurką, zgiętą w kształcie dużej litery U i umocowaną na obok stojącej deseczce pionowej. W tej to rurce widzimy płyn, który zajmuje mniej więcej połowę jej objętości. Dolne końce drutów, w korku kolby osadzonych, są połączone cienkim drucikiem żelaznym (grubość: 0,3 — 0,4 mm.; długość przed zwinięciem: 40 — 50 cm.), w formie skręconej sprężyny.

Otoczamy kolbę rękami, jak to już robiliśmy, zapoznając się z rozszerzaniem się gazów (patrz rys. 39), a wtedy ciecz w prawej części rurki, na deseczce umo-

cowanej, podniesie się do góry, obniżając się jednocześnie od strony lewej. Domyślamy się, że zostało to spowodowane rozszerzaniem się gazu (powietrza w kolbie), ogrzanego ciepłem naszych rąk.

Usunąwszy ręce z kolby i poczekawszy, aż kolba ostygnie, a ciecz w rurce opadnie, łączymy górne końce drutu, wystające ponad korek butelki, z biegunami ogniwa lub baterji (rys. 208, 2). W drutach, osadzonych w korku kolby, popłynie wtedy prąd. Jakież zmiany w przyrządzie zwracają naszą uwagę? Oto ciecz w rurce znowuż podniosła się z prawej strony, chociaż obecnie kolby rę-



Rys. 208.

kami nie ogrzewamy. Gaz, wypełniający kolbę, rozszerzył się. Skąd się tu wzięło ciepło? Wytworzył je prąd elektryczny, przepływający po drutach, umieszczonych wewnątrz kolby.

Wyjawszy korek z kolby (nie przerywając prądu), dotknijmy palcami grubych drutów, a następnie w taki sam sposób zbadajmy temperaturę łączącego je u dołu cieniutkiego drucika żelaznego. W grubym drucie prawie że nie wyczuwamy rozgrzania, wtedy gdy drucik cienki nawet parzyć nas będzie. A więc żelazo tu i tam pod wpływem tego samego prądu ogrzało się do różnej temperatury. Co wpłynęło na tę różnicę temperatur?

Wiemy z poprzedniego, że opór drutów z tego samego metalu bywa rozmaity, zależnie od ich wymiarów; cieńszy z nich, na przykład, stawia opór większy. W związku z tem i na podstawie ostatniego spostrzeżenia przychodzimy do wniosku, że ciepło, wywiązane przez prąd elektryczny zwiększa się, gdy rośnie opór przewodnika, po którym taki prąd przepływa.

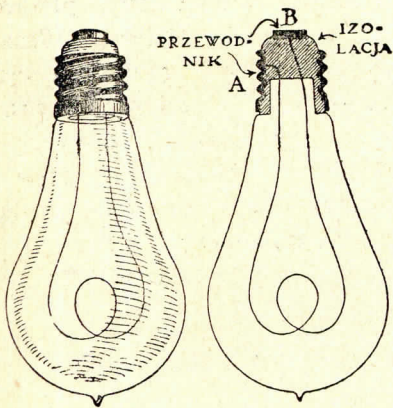
Przewodniki, doprowadzające prąd do lampek elektrycznych, rozgrzewają się prawie niedostrzegalnie, natomiast drucik, wewnątrz lampki umieszczony, przewodząc ten sam prąd, rozżarza się do białości. Wszak sznury elektryczne wewnątrz są dosyć grubym drutem miedzianym (miedź — jeden z najlepszych przewodników elektryczności!), a więc stawiają mały opór prądowi elektrycznemu; przeciwnie, włókno węglowe lub metalowe, we wnętrzu lampy osadzone, będąc bardzo cienkiem i do tego zrobionem z przewodnika gorszego, niż miedź, ujawnia opór elektryczny bez porównania większy.

OŚWIETLENIE ELEKTRYCZNE.

Najważniejsze zastosowanie ciepła, wytwarzanego przez prąd elektryczny, spotykamy w t. zw. oświetleniu elektrycznem. Gdyby drucik żelazny (w formie sprężynki) z poprzedniego doświadczenia był krótszy i cieńszy, a bateria składała się z większej ilości ogniw, niż przedtem, to prąd, przez nią dostarczany, mógłby nam nie tylko ów drucik rozgrzać, lecz nawet go rozżarzyć do białości, czyniąc zeń jaskrawe źródło światła.

Na rys. 209 widzimy lampkę elektryczną, t. zw. żarówkę Edisona (nazwisko wynalazcy), dawnego typu, przedstawioną w dwu postaciach. Lewa strona rysunku wyobraża jej wygląd zewnętrzny, prawa — jej przekrój,

który objaśnia nam, w jaki sposób prąd elektryczny daje się wprowadzić do włókna węglowego wewnątrz lampy. Takie lampki, jak widzimy, są to naczynia szklane, kształtem przypominające gruszkę; w ich wnętrzu tkwi cieniutki pręcik węglowy, zgięty w sposób podany na rysunku. Jeden koniec tego pręcika łączy się z gwintem A, drugi z blaszką metalową B. Gwint od blaszki oddziela masa izolująca, jak to wskazuje prawa strona rys. 209. Po wkręceniu takiej lampki do odpowiedniej oprawki (nieoznaczonej na rysunku),



Rys. 209.

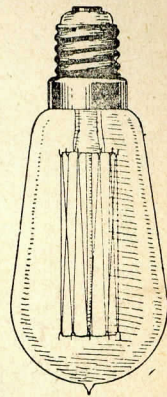
której części, połączone z biegunami baterji, dotknęły śruby A i blaszki B, popłynie prąd elektryczny przez włókno węglowe lampy, rozżarzając je do białości. Dolna część lampki zakończona jest kolcem szklanym. Powstał on z rurki, która przedtem była w tem miejscu i łączyła wewnątrz lampki z pompą pneumatyczną.

Przy pomocy pompy opróżniono szklaną gruszkę z powietrza, ponieważ jego obecność wywołałaby spalanie (utlenienie) włókna węglowego, rozżarzonego przez prąd elektryczny. Po wypompowaniu powietrza wzmiankowaną rurkę zatopiono, tworząc przez to kolec.

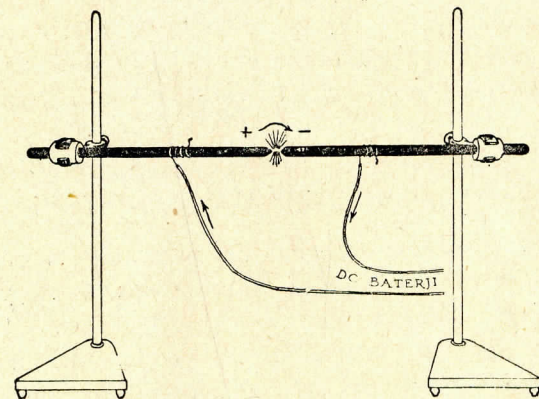
Rys. 210 wyobraża typ lampki dzisiaj ogólnie używanej. Różni się ona od poprzedniej tem tylko, że wewnątrz jej umieszczony jest drucik metalowy zamiast włókna węglowego. Druciki te robią z metali rzadziej występujących w naturze i mających wysoką temperaturę topnienia (np. osm, tantal, wolfram i inne). Tego ro-

dzaju lampki przy jednakowej ilości wydawanego światła zużywają daleko mniej prądu, niż lampki poprzednio opisane, stąd światło, przez nie dostarczane, kosztuje taniej, co tłumaczy ogromne ich rozpowszechnienie.

Lampa łukowa. Na rysunku 211 widzimy dwie paleczki z prasowanego węgla, osadzone w korkach i połączone jeden z dodatnim a drugi z ujemnym biegunem dużej baterji (co najmniej z 20—25 ogniw Greneta złożonej). Dotknijmy do siebie węgle, przysuwając statywy, w których je razem z korkami umocowano. Gdy po chwili cokolwiek je rozsunie, końce ich zaczną świecić nader jaskrawo blaskiem oślepiającym. Prąd teraz przechodzić będzie przez warstwę powietrza, która rozsunięte końce węgla od siebie oddziela. Ta warstwa jest silnie roz-



Rys. 210.



Rys. 211.

grzana przechodzącym przez nią prądem, a powietrze nagrzane jest nierównie lepszym przewodnikiem elektryczno-

ści, niż powietrze o temperaturze zwyczajnej; stąd trwa nie prądu pomimo rozsunienia węgla. Patrząc na to światło przez ciemne lub zakopcone szkło, łatwo dostrzeżemy t. zw. *łuk świetlny*, łączący obydwie węgle. Od niego też pochodzi nazwa «lampy łukowej», która właśnie tego rodzaju światło dostarcza. W łuku takim panuje temperatura, dochodząca do 4000°C . W wszystkie metale w nim nie tylko topnieją, lecz nawet zamieniają się na parę.

Przytoczone doświadczenie objaśnia nam zasadę urządzenia każdej lampy łukowej. Węgla w takiej lampie, zwykle mlecznym kloszem osłonięte, znajdują się w zwykłym powietrzu (nie w próżni), a ponieważ są rozżarzone, więc się stale spalają i odległość między nimi wzrasta. Z tego też względu w lampach łukowych spotykamy specjalne mechaniczne urządzenia, mające na celu stałe przysuwanie ku sobie węgli, w miarę ich spalania, bo przy zbyt dużej odległości pomiędzy nimi prąd ulega przerwaniu, i lampa gaśnie.

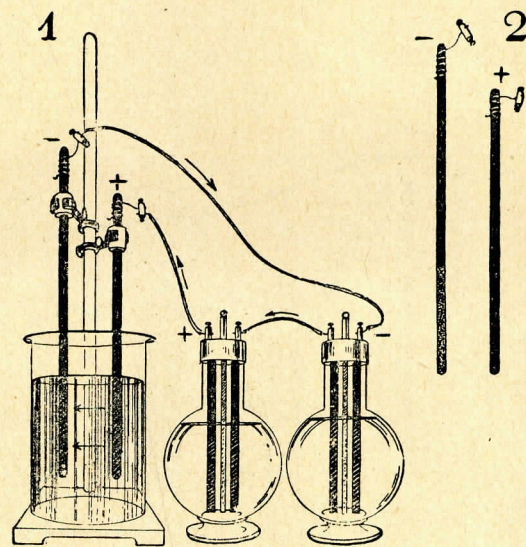
Lampa łukowa jest dziś najpotężniejszym źródłem światła. Posługują się nią do oświetlania ulic, dużych sal dworców kolejowych, a także używają jej do latarni morskich lub reflektorów wojskowych i wielu jeszcze innych celów.

DZIAŁANIE CHEMICZNE PRĄDU ELEKTRYCZNEGO.

Poznane w chemii reakcje pozwalały nam niejednemu związek rozłożyć na te ciała proste, z których był on utworzony. Naprzykład tlenek rtęci (str. 141) rozkładaliśmy na tlen i rtęć; para wodna, przepuszczana przez rurkę ogrzewaną w piecu, rozpadała się na wodór i tlen.

Takie rozłożenie związku na jego składniki zwykłe było wywołane ciepłem, dopływającym z palnika. Przekonajmy się, że i prąd elektryczny taki rozkład

spowodować może. W tym celu do większej zlewki, wypełnionej częściowo roztworem soli miedziowej czyli t. zw. *sinego kamienia* (siarczanu miedzi), zanurzymy dwa węgle od lampy łukowej, osadzone w odpowiednim statywie (rys. 212). Połączmy je teraz z biegunami baterji. Po paru minutach wyjmijmy nasze węgle z cieczy i przyjrzyjmy się ich powierzchni zewnętrznej.



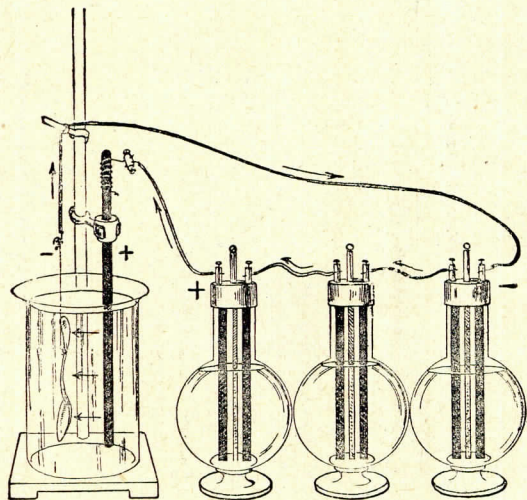
Rys. 212.

Oto węgiel, który był połączony z biegunem dodatnim, pozostał bez zmiany, ale zato drugi z nich, t. zw. ujemny, pokrył się cienką metaliczną powłoką o kolorze, miedź przypominającym (rys. 212; 2). Prąd elektryczny rozłożył w tym wypadku sól miedziową na jej składowe części: z jednej strony na miedź, przez nas zauważoną, z drugiej na resztę kwaśną (p. str. 170), która z tą

miedzią była dotąd w połączeniu. Ta reszta kwaśna wydzielala się tu na węglu dodatnim, łącząc się w miarę powstawania z płynem otaczającym.

Gdybyśmy w zlewce mieli roztwór soli niklowej lub srebrnej, to postępując podobnie, otrzymalibyśmy osad, złożony z jednego albo drugiego metalu, ale zawsze tylko na węglu ujemnym.

W podobny sposób działa prąd, przechodząc przez roztwory kwasów lub zasad. Wodę, naprzykład, zlekka



Rys. 213.

zakwaszoną, rozkłada on na dwa jej składniki (patrz Chemja str. 165): tlen i wodór.

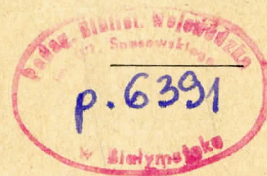
Zjawiska, wyżej opisane, zwane w fizyce elektrolizą, mają ważne zastosowanie w praktyce.

Zwróćcie bowiem uwagę na to, że warstewka miedzi, wydzielona w naszym doświadczeniu na węglu, mocno się na nim trzyma i nie daje się zetrzeć palcami. To też w praktyce, chcąc jakkolwiek przedmiot metalowy po-

kryć metalem innym, szlachetnym (srebrzenie, złocenie lub niklowanie), stosujemy elektrolizę, nazywając wtedy tę czynność galwanostegją.

W takich razach wystarczy połączyć wzmiankowany przedmiot, np. łyżeczkę od herbaty (rys. 213), z ujemnym biegunem baterji, wiążąc jej biegun dodatni chociażby z węglem, który razem z łyżeczką wkładamy do roztworu soli srebrowej, jeśli posrebrzać zamierzamy, albo do soli niklowej, jeśli o niklowanie nam chodzi. Po jakimś czasie nasz przedmiot, o ile powierzchnia jego przedtem była dobrze oczyszczona, pokryje się tym metalem, którego sól mieliśmy w roztworze.

Ponieważ prąd elektryczny wywołuje wyżej opisany rozkład nie tylko w wodnych roztworach soli, lecz i w solach stopionych, więc stosują go nieraz dla otrzymywania metali w stanie czystym, np. takich, jak aluminium, magnez, sód i wiele innych.



ERRATA

str.	wiersz	zamiast	winno być
24	1 od dołu	chcey	cechy
36	13 » góry	jak	jaka
40	18 » »	<i>zawarty</i>	<i>zawartej</i>
66	1 » dołu	Naczynia	Naczynie
72	1 » góry	tamej	samej
76	13 » »	wagach	wadze
91	5 » dołu	plynem	pyłem.

SPIS RZECZY.

(Liczby, podane kursywą, odpowiadają numeracji ustępów programu ministerjalnego)

PRZEDMOWA 5.

I. WSTĘP. 1. Mierzenie długości (7—19). 2. Ważenie (19—22). Stany skupienia ciał (22 — 28). 3. Pion. 4. Poziomnica (28 — 32). 5. Mierzenie pola. 6. Mierzenie objętości (33 — 37). 7. Wyznaczenie ciężaru właściwego (38—40).

II. CIEPŁO. 8. Zmiana wymiarów ciał przy ogrzewaniu i oziębianiu. Rozszerzanie się ciał stałych (41—48). Rozszerzalność cieczy (48—52). Rozszerzalność gazów (52—54). 9. Temperatura; termometr i jego sporządzenie. Ćwiczenia z termometrem (54—64). Zmiana ciężaru właściwego ciał pod wpływem ciepła. Wyjątkowa rozszerzalność wody. Znaczenie wyjątkowej rozszerzalności wody w przyrodzie (65—71). Ilość ciepła, kalorja. Mierzenie ilości ciepła (71—75). Ciepło właściwe. Ciepło właściwe wody i klimat (75—81). 10. Topnienie i krzepnięcie. Temperatura i ciepło utajone topnienia (81—87). Mieszanina mroząca. Krzepnięcie. Zmiana objętości podczas zmiany stanu skupienia (87 — 91). 11. Parowanie i skraplanie (91 — 98). 12. Wrzenie. Ciepło utajone parowania wody. Wpływ ciśnienia na temperaturę wrzenia (98—108). Para wodna w atmosferze. Wędrówka wody w przyrodzie. Opady atmosferyczne w Polsce (108—114). 13. Rozchodzenie się ciepła. Przewodnictwo ciepła w ciałach stałych, cieczech i gazach. Unoszenie ciepła przez materję. Powstawanie wiatrów; prądy morskie. Promieniowanie ciepła (114—131).

III. CHEMJA. A. Powietrze. 14. Zachowanie się metali w powietrzu (132—135). 15. Zużywanie się powietrza przy paleniu (136—137). Dwa główne składniki powietrza. Zużycie tlenu przy oddychaniu (138—140). 16. Rozkład tlenków metali. Ciało złożone a pierwiastek (141—143). 17. Otrzymywanie tlenu. Palenie się węgla, siarki i sodu w tlenie. O utlenieniu wogóle. Kwasy, zasady i sole (143 — 152). B. Woda. 18. Rozpuszczalność ciał w wodzie. Roztwór siarczanu miedzi oraz soli kuchennej (152—155). 19. Krystalizacja w przyrodzie. Sączenie w przyrodzie i technice. Filtry miejskie. Destylacja (155 — 165). 20. Wodór. Otrzymywanie działaniem cynku na kwas

siarkowy; własności (165—170). **21.** Tworzenie się soli. Wyosobnienie soli cynkowej kwasu siarkowego. Zobojętnienie kwasów przez zasady (170—172). **C. Skorupa ziemiska.** Powstawanie skorupy ziemskiej. Istoty żywe a minerały. Ogólne własności minerałów (172—175). **22.** Sól kamienna i sól kuchenna. Badanie kryształów soli. Sól w przyrodzie. Żupy solne w Polsce. Górnicze dobywanie soli. Źródła solne czyli solanki. Sól morska (175—186). **23.** Siarka. Badanie siarki. Mieszanina i związek siarki z żelazem. Siarka w przyrodzie (186—189). **24.** Siarczki metali w przyrodzie. Wyrób kwasu siarkowego. Hutnictwo cynku i ołowiu (189—192). **25.** Żelazo. Znaczenie żelaza. Rudy żelazne. Znaczenie przemysłu żelaznego dla kraju. Wielki piec hutniczy (192—201). **26.** Kwarc. Kryształ górny. Krzemień. Wyrób szkła (201—207). **27.** Wapień. Powstawanie skał wapiennych. Tworzenie się grot. Skały wapienne i groty w Polsce (207—212). **28.** Skały osadowe. Zlepienieć. Piaskowiec (212—214). Skały ogniowe. Granit (214—218). **D. Węgiel.** **29.** Węgiel jako składnik materji organicznej. Krążenie węgla w przyrodzie. Powstawanie pokładów węgla. Pokłady węgla w Polsce i jego dobywanie górnicze. Koks i gaz świetlny (218—227). **30.** Ropa naftowa. Źródła ropy w Polsce. Dobywanie i przeróbka (227—237). O związkach organicznych. Związek a mieszanina (237—238). **31.** Węglowodany. Cukier trzcinowy. Przemysł gorzelniczy (238—243). **32.** Tłuszcze (243—247). **33.** Ciała białkowe (247—250). **E. Gleba.** **34.** Powstawanie gleby. Składniki gleby i jej rodzaje. Zasoby pokarmowe gleby. Nawozy (250—262). Wyroby garncarskie (262—265).

IV. MAGNETYZM. **35.** Bieguny magnetyczne (266—270). **36.** Wzajemne oddziaływanie biegunów. Magnesowanie (270—273).

V. ELEKTRYCZNOŚĆ. **37.** Dwa rodzaje elektryczności (274—278). **38.** Elektroskop. Dobre i złe przewodniki. Siedlisko ładunku (278—288). Indukcja. Maszyna elektrostatyczna. Butelka lejdejska. Iskra. Elektryczność atmosferyczna. Piorunochron (288—311). **39.** Prąd elektryczny. Ogniwo. Galwanoskop. Napięcie elektryczne. Natężenie prądu. Opór (311—334). **40.** Elektromagnes. Dzwonek elektryczny. Telegraf. Prąd indukcyjny. Telefon (334—353). **41.** Działanie cieplne prądu. Oświetlenie elektryczne (353—358). **42.** Działanie chemiczne prądu (358—361).