Dar p. Domaniewskiego

PAWEŁ BERT

Rok trzeci.

Dla dzieci od 12 do 14 lat.

KURS ELEMENTARNY NAUK PRZYRODNICZYCH

ROK TRZECI DLA DZIECI OD 12-tu DO 14-tu LAT.

KURS ELEMENTARNY
Nauk Przyrodniczych

ZWIERZĘTA — ROŚLINY. — KAMIENIE I POKŁADY.
FIZYKA. — CHEMJA. — FIZJOLOGJA ZWIERZĘCA. —
FIZJOLOGJA ROŚLINNA. — NAUKI STOSOWANE.

PRZEZ

PAWŁA BERT'A.

WYDANIE TRZECIE.
(POPRAWIONE).

CZĘŚĆ II.

WARSZAWA
NAKŁADEM POLSKIEJ AGENCJI WYDAWNICZEJ
CZACKIEGO 8 m. 6.

ZAKŁADY DRUKARSKIE T-WA „ROZWÓJ"
Sp. z ogr. por. Zielna 47.

NAUKI FIZYCZNE. — FIZYKA.

(CIĄG DALSZY).

V. — ELEKTRYCZNOŚĆ.

Od niepamiętnych czasów człowiek znał dźwięk, światło i ciepło, ale na elektryczność dopiero od dwóchset lat zaczęto zwracać uwagę, jakkolwiek pioruny i błyskawice świadczyły od dawien dawna o istnieniu zjawisk elektrycznych.

Tarcie wywołuje elektryczność na powierzchni szkła i laku. Oto pałeczka laku (fig. 1); zbliżam ją do drobnych kawałków papieru, znajdujących się na stole; widzicie, że papierki te pozostają w spokoju. Teraz pocieram silnie pałeczkę laku o rękaw mego ubrania (fig. 2) i zbliżam ją znowu do kawałków papieru, patrzcie już laska laku przyciąga papierki, nawet z dość znacznej odległości (fig. 3).

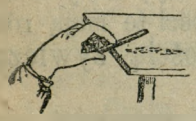


Fig. 1. Zbliżam pałeczkę laku do papieru: papierki leżą spokojnie.

Fig. 2. Pocieram lak o rękaw.

Fig. 3. ...lak przyciąga papierki.

Jeżeli zamiast laku, wezmę do tego doświadczenia pręcik szklany, to wynik będzie zupełnie taki sam.

A więc tarcie wywołało na powierzchni laku i szkła pewną siłę, mogącą przyciągać z odległości kawałki papieru: siła ta jest to właśnie elektryczność. Jakże daleko jest jeszcze od tego zjawiska do błyskawic i grzmotów, ale poczekajcie, dojdziemi i do tego.

Co się stanie, jeżeli pałeczkę laku potrę silnie o materję wełnianą i zbliżę ją następnie do kawałków papieru?

Dwa rodzaje elektryczności. Pokażę wam teraz coś jeszcze ciekawszego. Oto na cieniutkim jedwabiu zawieszam na niedużej podstawie maleńką kulkę z rdzenia bzu czarnego (fig. 4).

Zbliżam teraz do kulki potartą pałeczkę laku; widzicie, że lak przyciąga silnie kulkę bzową, ale skoro tylko kulka dotknie się pałeczki laku, momentalnie zostaje odepchnięta aż do punktu A. Patrzcie, oto mogę odepchnąć kulkę, gdzie mi się podoba, zbliżając do niej lak.

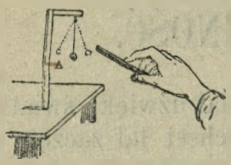


Fig. 4. Mała kuleczka bzowa po zetknięciu się z lakiem zostaje odepchnięta do punktu A.

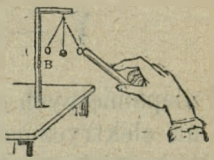


Fig. 5. Kulka, która uciekała od laku, zostaje przyciągnięta przez szkło, ale skoro kulka dotknie szkła, zostaje odepchnięta do punktu B.

Biorę teraz prędko rurkę szklaną, potartą o rękaw, i zbliżam ją do kulki bzowej (fig. 5). Patrzcie, oto kulka, która uciekała przed lakiem, zbliża się natychmiast do szkła, ale ledwie zdążyła przylgnąć do jego powierzchni, a już odeń odskakuje aż do punktu B.

Chcąc, aby kulka zbliżyła się znowu, muszę użyć teraz laku (żywicy).

Z tego widzimy, że elektryczność laku (żywicy) nie jest taką samą, jak elektryczność szkła. To też elektryczności te mają różne nazwy; pierwsza z nich nazywa się **elektrycznością żywiczną**, druga **elektrycznością szklaną**.

Z przyczyn, których teraz nie moglibyście zrozumieć elektryczność żywiczną nazywają **ujemną**, a elektryczność szklaną — **dodatnią**.

Wszystkie ciała pod wpływem tarcia wytwarzają elektryczność dodatnią lub ujemną, najwyraźniej jednak objawia się to na żywicy i szkle.

Przyciąganie i odpychanie. A oto mam dużą tafelkę żywicy, osadzonej na drewnianej pałeczce (fig. 6); nacieram ją mocno

---

Jak nazywamy siłę wytwarzającą się przez tarcie na powierzchni szkła i laku? Co się dzieje, gdy zbliżamy do kulki bzowej pałeczkę laku, potartą o materję wełnianą? A jeżeli zbliżę szkło do kulki bzowej, która oddalała się od laku?

i długo kawałkiem flaneli. Widzicie, że nietylko przyciąga ona ciała lekkie, ale prócz tego wyskakuje z niej iskra, skoro zbliżam do niej mój palec, przyczem słychać słaby, głuchy trzask (fig. 7). Jest to prawdziwy piorun w miniaturze: iskierki są to błyskawice, lekki trzask — grzmoty!

Przypuśćmy teraz, że zamiast kulki bzowej zawiesiłem na podstawce starannie potartą kulkę z żywicy. Gdybym do takiej kulki zbliżył moją taflę żywicy, to zobaczylibyście, że kulka i tafelka odpychają się. Jeżeli zaś zamiast żywicy zbliżę do kulki dużą pałeczką potartego szkła, to zobaczycie, że kulka żywicy zbliża się raptownie i przylgnie do powierzchni szkła.

Fig. 6. Pocieram żywicę materją wełnianą.

Fig. 7. Zbliżam palec do potartej żywicy; widzicie, że wyskakuje z niej maleńka iskra, przyczem słychać słaby, głuchy trzask.

Fig. 8. Koty wydzielają elektryczność, gdy je głaszdimy pod włos w dzień bardzo suchy.

Przeciwnie, jeżelibym na podstawce zawiesił kulkę szklaną, to zbliżałaby się ona do żywicy, a oddalała od pałeczki szklanej.

Z doświadczeń tych wyprowadzono dwa następujące, bardzo ważne prawa:

1-o. Ciała, posiadające elektryczności jednoimienne, odpychają się.

2-o. Ciała, posiadające elektryczności różnoimienne, przyciągają się.

Dobre i złe przewodniki elektryczności. Wszystkie ciała elektryzują się przez pocieranie.

Widzicie, że ołówek mój, pałeczka siarki, będąc potarte silnie o rękaw, przyciągają skrawki papieru.

Kiedy dzień jest suchy możecie naelektryzować nawet własne włosy, czesząc je grzebieniem, najlepiej kauczukowym. Koty wy-

---

Jaki wniosek można stąd wyciągnąć? Jak się nazywa elektryczność, wytworzona na laku? A na szkle? Jaką inną nazwę dajemy tym elektrycznościom?

dzielają bardzo wiele elektryczności, skoro je gładzimy pod włos (fig. 8); wtedy to włosy im się jeżą i łatwo można zobaczyć w ciemności małe iskierki i usłyszeć lekki trzask, który im towarzyszy.

Biorę teraz moją linijkę żelazną, pocieram ją mocno, bardzo mocno — wszystko napróżno, elektryczność nie wywiązuje się na niej. Jeżeli jednak przed potarciem linijki okręcę ją kilka razy jedwabiem (fig. 9), to zobaczycie, że wnet pojawi się elektryczność i linijka moja będzie przyciągała skrawki papieru.

Cóż to znaczy?

Oto, że nim owinęłem linijkę jedwabiem, elektryczność powstająca na niej schodziła do mojej ręki, a przez rękę i następnie przez ciało — do ziemi; gdy tymczasem teraz, gdy linijka jest

Fig. 9. Jeżeli potrę żelazo owinięte jedwabiem, to przyciąga ono skrawki papieru.

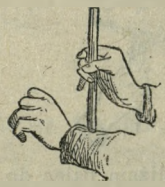


Fig. 10. Pocieram o rękaw koniec pałeczki laku.

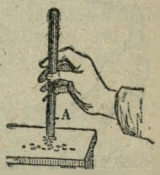


Fig. 11. Tylko sam potarty koniec przyciąga skrawki papieru. Punkt A nie przyciąga wcale. Lak jest złym przewodnikiem elektryczności.

okręcona jedwabiem, elektryczność zostaje na powierzchni żelaza. Dlaczegóż jednak nie potrzebowaliśmy owijać pałeczki szklanej i pałeczki laku? Zaraz wam to wytłomaczę.

Biorę pałeczkę laku, która jeszcze nie była w użyciu i nie przyciąga nic, jak widzicie. Pocieram ją zlekka o rękaw, ale w taki sposób, aby tylko sam koniec ulegał pocieraniu (fig. 10).

Widzicie dobrze (fig. 11), że teraz lak przyciąga papierki i inne ciała lekkie, ale przyciąga tylko tym końcem, który był potarty — inne punkty, jak A, nie przyciągają wcale.

Co się stanie, jeżeli zbliżymy duży kawałek potartej żywicy do kulki żywicy, również potartej? A jeżeli do kulki zbliżymy pałeczkę potartego szkła? Co nastąpi, gdy potartą żywicę zbliżę do potartej kulki szklanej? Jakie prawa wyprowadzono z tych doświadczeń? Pocieram żelazną linijkę, czy przyciąga ona papierki? A jeżeli przed potarciem owinę ją jedwabiem? Dlaczegoż to? Czy pałeczkę szkła lub laku także muszę owijać jedwabiem? Jaką ma własność lak?

Tak więc elektryczność pozostała w miejscu, w którem wywołało ją tarcie, nie rozeszła się wcale po powierzchni laku.

Z tego powodu nazywamy lak **złym przewodnikiem** elektryczności. Wiecie już, co to znaczy, gdyż niedawno mówiłem wam o dobrych i złych przewodnikach ciepła.

Elektryczność wytworzona na linijce żelaznej, rozeszła się natychmiast po całej powierzchni linijki, gdyż żelazo jest **dobrym przewodnikiem** elektryczności. Otóż ciało ludzkie jest także dobrym przewodnikiem, podobnież i ziemia, dlatego to elektryczność żelaza schodzi natychmiast przez moje ciało do ziemi.

Jedwab jest złym przewodnikiem. Okręcając zatem żelazo jedwabiem, nie pozwoliłem elektryczności spływać do ziemi. Tym sposobem elektryczność musiała pozostać na powierzchni żelaza i dlatego to linijka zaczęła przyciągać skrawki papieru.

Zagrodzić w ten sposób przejście elektryczności, jest to odosobnić lub **izolować** dane ciało. W tym celu możemy używać jedwabiu, szkła, żywicy, wosku, porcelany, kauczuku, gdyż wszystkie te ciała są złymi przewodnikami. Wełna, skóra sucha, drzewo suche również nie należą do dobrych przewodników. Natomiast wszystkie **metale**, oraz woda i wogóle przedmioty wilgotne, następnie żywe rośliny i zwierzęta, mokra ziemia — są dobremi przewodnikami elektryczności.

Rozmaite sposoby elektryzowania. Można naelektryzować dane ciała: 1-o za pomocą tarcia, 2-o przez dotykanie ich ciałem już naelektryzowanem, 3-o zbliżając (bez dotykania) ciało naelektryzowane do ciała, które chcemy naelektryzować.

Tak więc możemy elektryzować: 1-o przez tarcie, 2-o przez zetknięcie i 3-o przez wpływ.

1-o. Trąc dane ciało, wytwarzamy w nim elektryczność, zależną od natury pocieranych ciał. Jest ona dodatnia w przedmiotach szklanych, ujemna w żywicy. Jest to więc elektryczność **właściwa** danemu ciału.

2-o. Jeżeli elektryzujemy przez dotykanie, wówczas ciało nienaelektryzowane naładowywa się elektrycznością taką, jaką posiada ciało, którem dotykamy. Przypomnijcie sobie doświadczenie z kulką bzową (str. 4). Kulka, dotknięta naelektryzowanym

---

A żelazo? Dlaczego potarte żelazo nie przyciąga skrawków papieru? Dlaczego żelazo owinięte jedwabiem przyciąga? Co trzeba zrobić, aby utrzymać elektryczność, wywołaną w danym ciele?

Jakie są sposoby elektryzowania ciał?

lakiem, ładowała się elektrycznością ujemną (elektrycznością, jaką posiada lak) i dlatego to natychmiast po dotknięciu była odpychana, gdyż wiecie już, że ciała, naładowane elektrycznościami jednoimiennemi, odpychają się wzajemnie.

3-o. Elektryzowanie przez wpływ. Weźmiemy kulkę A (fig. 12), naładowaną elektrycznością dodatnią i zbliżymy ją do ciała B, umieszczonego na podstawce izolującej, wówczas ciało to elektryzuje się w ten sposób, że połowa C skierowana ku kuli ładuje się elektrycznością ujemną, a połowa D, oddalona od kuli, — dodatnią.

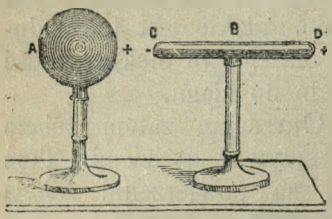


Fig. 12. Elektryzowanie przez wpływ. Kula A naładowana elektrycznością dodatnią wywołuje w C elektryczność ujemną, a w D—dodatnią.

Własność ostrzy. Jeżeli ciało naelektryzowane i będące przytem dobrym przewodnikiem ma kształt kuli (fig. 13), to posiada ono jednakową ilość elektryczności we wszystkich punktach swej powierzchni. Jeżeli zaś ma ono kształt jajka, to elektryczność zbiera się przeważnie na obu ostrzejszych końcach (fig. 14).

Przypuśćmy teraz, że jajko wydłuża się, jak ta oto kuleczka chleba, którą skręcam w ręku,—elektryczność wszystka zebrałaby się na tych wydłużonych końcach; jeżeliby kulka wydłużała się tylko na jednym końcu (fig. 15), to wszystka elektryczność ze-

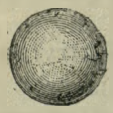


Fig. 13. Elektryczność rozmieszcza się w kuli na całej powierzchni.

Fig. 14. Na ciałach o kształcie jajka elektryczność zbiera się przeważnie na obu końcach.

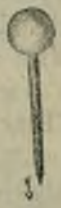


Fig. 15. Z ciał opatrzonych ostrzem, wszystka elektryczność spływa przez ostrza.

brałaby się na tem ostrzu, a nadto, nie mogąc się na nim utrzymać, spłynęłaby w krótkim czasie. Z ostrzy elektryczność spływa zawsze i to stanowi bardzo ważną **własność ostrzy.** Polega

---

Na czem polega własność ostrzy?

ona na tem, że ciała opatrzone ostrzami wyładowują się (tracą swą elektryczność) bardzo prędko; dość jest na ciałach zaokrąglonych postawić zaostrzony przewodnik, aby je pozbawić elektryczności. Ale oczywiście trzeba przedewszystkiem aby ciało było dobrym przewodnikiem, gdyż inaczej elektryczność zgromadzona w jednem miejscu nie mogłaby spłynąć na ostrze ciała.

Na tej własności ostrzy opiera się budowa **piorunochronów**, jest ona też przyczyną tego, że pioruny uderzają najczęściej w wieże kościołów, w drzewa ostro zakończone (topole) i t. p.

Zapoznam was teraz z piorunochronem.

Piorunochron. Wiecie już, że ciała, naładowane elektrycznościami różnoimiennemi, przyciągają się wzajemnie.

Przy dotknięciu, a nawet przy zbliżeniu się tych ciał wyskakuje **iskra** — i elektryczność na obu ciałach ginie zupełnie — ciała te wyładowują się. Co więcej, jeżeli ciała naelektryzowane będą zakończone ostrzami, to wyładują się one bardzo łatwo, bez wywołania iskier.

Jeżeli więc chmura, naładowana, przypuśćmy, elektrycznością ujemną, ciągnie dość blizko nad ziemią (fig. 16), wówczas zie-

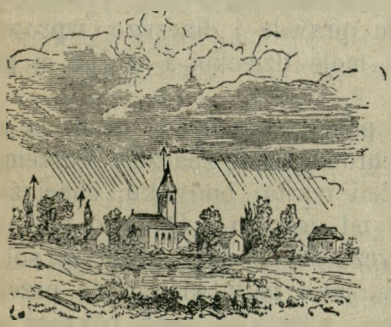


Fig. 16. Elektryczność spłynie łagodnie ku ostrzom (wieży, drzew), stamtąd schodzi w powietrze i na chmurę.

Fig. 17. Piorun zwykle uderza w ostrze i po przewodniku AB dąży do ziemi.

mia pod jej wpływem elektryzuje się dodatnio, a elektryczność ta zbierze się przeważnie na wszystkich przedmiotach ostro zakończonych. Wówczas, jeżeli chmura nie jest zbyt blizko, albo też

Co się stanie, jeżeli chmura naładowana elektrycznością ujemną ciągnie dość blizko nad ziemią?

nie jest zbyt silnie naelektryzowana lub też jeżeli deszcz padał i wszystkie ostrza, będąc mokremi, staną się dobremi przewodnikami, to elektryczność z ziemi spłynie łagodnie ku ostrzom, a stamtąd w powietrze i w chmurę, której elektryczność zostanie w ten sposób wyładowaną.

Ale jeżeli chmura zawiera dużo elektryczności lub jeżeli w danej miejscowości jest zbyt mało przedmiotów ostro zakończonych, to elektryczność ziemi nie może dość prędko spłynąć na chmurę i wówczas przeskakuje **iskra**, idąca czasem od przedmiotu wysokiego w chmurę, a czasem odwrotnie.

Iskra ta jest **piorunem**, uderzającym najczęściej w drzewa, kominy, wieże i wogóle w punkty najwyższe, szczególniej wówczas, jeżeli dokoła nich jest równina.

— Ale proszę pana... — Cóż, Piotrusiu? mów. — Jeżeli piorunochron stoi na wieży kościoła (fig. 17), to piorun napewno uderzy w ten długi, ostry pręt żelazny? — Słuszna uwaga, ale bądź spokojny. Czy przypatrzyłeś się dobrze piorunochronowi kościoła? Czy składa się on tylko z tego długiego ostrza żelaznego? — Nie panie, jest jeszcze gruby łańcuch żelazny AB, przeprowadzony przez całą długość budynku. I gdzie idzie ten łańcuch? — Mówiono mi, że koniec jego jest wpuszczony do studni C, ale nie wiem, czy to prawda i dlaczego wprowadzają go tam. — Tak, to prawda, moje dziecko, i zaraz ci powiem dlaczego.

Kiedy chmura przeciąga ponad kościołem, to woda studni, łańcuch żelazny i pręt piorunochronu, będą znacznie lepszemi przewodnikami elektryczności, aniżeli reszta budynku, chociażby nawet budynek ten był wilgotny od deszczu. Dlatego też elektryczność ziemi, dążąc do elektryczności chmury, obierze sobie napewno drogę po piorunochronie, jako najłatwiejszą do przepływu. A jeżeli powstanie iskra, piorun, uderzając, trafi również w piorunochron, który przedstawia najmniejszy opór przechodzenia elektryczności. To wielki próżniak ten piorun, robi on zawsze to, co jest dlań najłatwiejsze. Widzimy więc, że albo piorunochron wyładuje chmurę łagodnie bez iskier, lub też nastąpi uderzenie, ale uderzenie to ograniczy się tylko na uszkodzeniu piorunochronu, kościół zaś zostanie ocalony.

Co się dzieje z elektrycznością, jeżeli chmura nie jest bardzo silnie naładowana? A jeżeli chmura jest silnie naładowana? Jak nazywa się taka iskra?

Mam nadzieję, żeście to dobrze zrozumieli i że nie poszlibyście teraz w czasie burzy na wieżę kościelną bez piorunochronu, by dzwonić dla oddalenia piorunów.

Dwa rodzaje błyskawic. — Proszę pana, czy za każdą błyskawicą piorun spada na ziemię? — Nie, moje dziecko. Są błyskawice przeskakujące między ziemią, a naładowaną chmurą, i wtedy to piorun uderza. Ale, na szczęście, większa część błyskawic przebiega z jednej chmury na drugą (fig. 18), co dzieje się wówczas, gdy jedna z chmur jest naładowana elektrycznością dodatnią, a druga — ujemną. Chmury te wyładowują się, zbliżając się do siebie, wówczas to widzimy błyskawice, wówczas słyszymy ten straszny łoskot, zwany grzmotem, a spowodowany nagłem wstrząśnieniem powietrza. Łoskot ten słychać dość długo, gdyż powstaje wielokrotne echo, wskutek odbijania się dźwięków od chmur. Piorunom, uderzającym w ziemię, towarzyszy zazwyczaj grzmot, trwający krócej.

Fig. 18. Błyskawice trzaskają najczęściej między dwoma chmurami.

Pomiędzy zjawieniem się błyskawicy a chwilą, w której dochodzi do nas grzmot, upływa zawsze pewien przeciąg czasu. Kto z was mi powie, dlaczego? — Dlatego, że błyskawice widzimy w chwili, w której ona powstaje, bo światło rozchodzi się bardzo prędko. — Doskonale, a dźwięk? — Dźwięk rozchodzi się z szybkością 340 metr. na sekundę, potrzebuje więc, aby dojść do nas, znacznie więcej czasu, niż światło.

— Bardzo dobrze, mój chłopcze — i wiedząc o tem, możemy łatwo obliczyć, na jakiej odległości od nas powstała błyskawica. Trzeba tylko obliczyć, ile sekund upływa pomiędzy chwilą, w której powstaje błyskawica a chwilą, w której słyszymy grzmot. Ile upłynie sekund pomiędzy jedną chwilą a drugą, tyle razy po 340 metr. oddziela nas od miejsca, w którem się błyska.

Co się dzieje, gdy naładowana chmura przeciąga ponad kościołem, na którym jest piorunochron? Co się stanie, gdy piorun uderzy w ten kościół?

Czy za każdą błyskawicą piorun spada na ziemię? Ile zatem jest rodzajów błyskawic? Co to jest grzmot? Dlaczego huczy on tak przeciągle? Dlaczego upływa pewien przeciąg czasu między błyskawicą a grzmotem?

Otrzymywanie elektryczności.

Powróćmy teraz do sposobów otrzymywania elektryczności. Domyślacie się sami zapewne, że, chcąc otrzymać dużą ilość elektryczności, nie możemy zabawiać się pocieraniem laku lub szkła. Ilość elektryczności, jaką otrzymujemy w ten sposób, może zaledwie wystarczyć do naszych małych doświadczeń. Dużą ilość elektryczności możemy otrzymać za pomocą maszyn elektrycznych lub za pomocą stosów.

Maszyny elektryczne. Maszyny elektryczne wytwarzają elektryczność przez tarcie szkła. Składają się one z tafli szklanej A, obracającej się między poduszkami CC i DD, które trą się o szkło w czasie obrotu. Elektryczność dodatnia, która powstaje w tym razie, gromadzi się na metalowych częściach B, które są dobremi przewodnikami. Duże maszyny dają iskry (E), długie na pół łokcia, a tak silne, że mogą przewrócić człowieka (fig. 19).

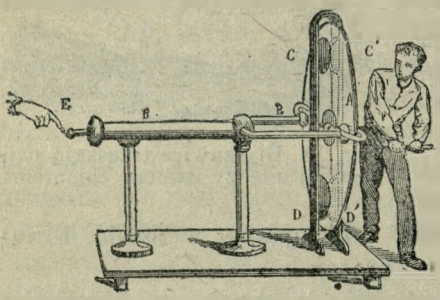


Fig. 19. Tarcie tafli szklanej A pomiędzy poduszkami CC i DD wytwarza elektryczność dodatnią, która zbiera się na B.

Stosy elektryczne mają zupełnie inną budowę i opierają się na innych zasadach. Przedewszystkiem trzeba, abyście wiedzieli, że ilekroć odbywa się chemiczny skład lub rozkład, tyle razy ma miejsce wytwarzanie się elektryczności.

Tak naprzykład, kiedy na pierwszej lekcji dobywaliśmy z kwasu siarczanego siarczan żelaza, to wytworzyła się pewna ilość elektryczności, której nie zużytkowaliśmy do niczego.

W stosach elektrycznych urządzamy wszystko w ten sposób, aby zbierać elektryczność, wytwarzającą się wskutek działań chemicznych. Każde działanie chemiczne wymaga odpowiedniego urządzenia stosu.

Zrobię wam tu zaraz stos nader prosty (fig. 20), który był

W jaki sposób można określić odległość, na jakiej powstała błyskawica? Jak wytwarzamy duże ilości elektryczności? W jaki sposób wytwarza się elektryczność w maszynach elektrycznych?

pierwszym przyrządem tego rodzaju: wynalazł go znakomity uczony włoski Volta (1745—1826).

Patrzcie, oto układam po kolei i ciągle w tym samym porządku: pieniądze, potem krążki cynku, nakoniec krążki sukna. Kiedy już mam po dziesięć krążków każdego gatunku, zawiązuję to wszystko sznurkiem i zanurzam na kilka chwil w bardzo mocny ocet. Po wyjęciu, wycieram dobrze i stawiam na talerzu. Nakoniec przytwierdzam jeden drut (A) do górnego krążka cynkowego.

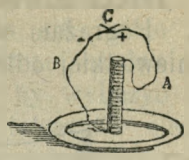


Fig. 20. **Stos elektryczny.** Drut A, przytwierdzony do miedzi, daje elektryczność dodatnią. B, przytwierdzony do cynku, ma elektr. ujemną. C, połączenie dwóch biegunów, miejsce przepływania prądu elektrycznego.

Kwas octu działa na cynk i dzięki tej reakcji chemicznej, wytwarza się elektryczność. Przytem drut A, połączony z krążkiem miedzi, da nam elektryczność dodatnią, a drut B, połączony z krążkiem cynku — elektryczność ujemną.

Jeżeli połączę w punkcie C końce tych drutów, zwane biegunami — to powstanie prąd elektryczny, prąd oczywiście dość słaby, lecz niemniej przeto łatwy do wykrycia.

Działania prądu elektrycznego. Zaraz wam dowiodę istnienia tego prądu.

Pierwszy dowód. Stań tu obok mnie, Henryku, i wysuń język (fig. 21). Kładę nań końce drutów mego stosu, powiedz mi, czy odczuwasz cokolwiek? — Tak, panie, czuję smak soli. — A jeszcze co? — Czuję lekkie drżenie w języku. — Dobrze, jest to dowód, że przebiega prąd elektryczny. Jeżelibym zamiast naszego małego stosu użył do doświadczenia tego stosu dużego, to nie mógłbyś wytrzymać na języku siły jego prądu. Nawet dotknięcie biegunów palcami byłoby bolesne i wywołałoby straszne wstrząśnienia.

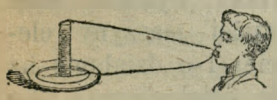


Fig. 21. Henryk odczuwa lekkie drżenie w języku: działanie fizjologiczne.

Drugi dowód. Biorę busolę (fig. 22), składającą się, jak wiecie, z igiełki osadzonej ruchomo na ostrzu. Igiełka ma tę własność że jeden jej koniec zwraca się zawsze ku północy. Kładę teraz na busoli połączone druty stosu.

Na jakiej zasadzie oparte jest urządzenie stosów elektrycznych? Z czego się składa najprostszy stos elektryczny?

Widzicie, że igła odchyla się momentalnie i stara się zająć położenie prostopadłe do kierunku drutu stosu.

Trzeci dowód. A oto szklanka napełniona wodą słoną (fig. 23). Pogrążam w niej dwa końce drutów, czyli dwa bieguny, na niewielkiej odległości jeden od drugiego. Patrzcie tylko uwa-

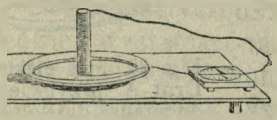


Fig. 22. Igła busoli zajmuje położenie prostopadłe do drutów stosu: działanie fizyczne.

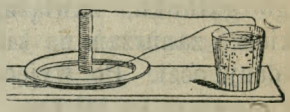


Fig. 23. Prąd elektryczny rozkłada wodę na dwa gazy (tlen i wodór): działanie chemiczne.

żnie. Widzicie, że po kilku chwilach tworzą się naokoło każdego bieguna pęcherzyki gazu, które odrywają się od drutów i wypływają na powierzchnię wody. Powstają one skutkiem rozkładu wody, pod działaniem prądu elektrycznego.

Czwarty dowód. Zanieśmy teraz nasz stos do ciemnego pokoju (fig. 24). Zamkniemy dobrze wszystko, aby w pokoju było zupełnie ciemno — a teraz uważajcie. Oto łączę i rozdzielam raz po raz oba bieguny, widzicie, że przy każdem połączeniu i przy każdem rozłączeniu zjawia się maleńka iskierka.

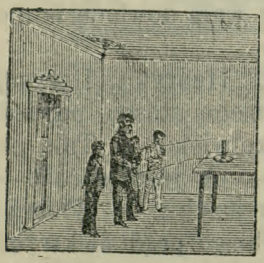


Fig. 24. Przy każdem łączeniu i rozłączeniu drutów — zjawia się mała iskierka.

Prosty nasz przyrząd wykazał nam wszystkie działania dużej maszyny elektrycznej, a mianowicie: 1-o działanie na ciało ludzkie (działanie fizjologiczne), 2-o działanie na igłę busoli oraz wytwarzanie iskier, dających światło i ciepło (działanie fizyczne) i 3-o rozkład wody (działanie chemiczne).

A ileż zadziwiających rzeczy może wykonywać duży silny stos elektryczny! Czy wiecie, że może on nabawić konwulsji, a nawet zabić człowieka. Szeregi iskier wytwarzają wspaniałe

---

Jaką elektryczność daje drut A, połączony z miedzią? Jaką drut połączony z cynkiem? Co się stanie, jeżeli połączę te druty? Jakie jest działanie fizjologiczne prądu na język? Jakie jest działanie fizyczne na igłę magnesową? Jak prąd działa chemicznie na wodę? Co następuje przy łączeniu i rozłączeniu biegunów?

światło elektryczne, którem oświetlają wielkie miasta (zobacz dział nauk stosowanych).

Z pomocą prądu elektrycznego można rozkładać rozmaite ciała i osadzać jedne metale na drugich, jak to się dzieje przy złoceniu i srebrzeniu przedmiotów. Istnieje jeszcze bardzo wiele innych zastosowań, lecz mam za mało czasu, by wyliczyć wam je wszystkie, ograniczę się tylko wzmianką o telegrafie elektrycznym, który posyła wiadomości na ogromne przestrzenie, za pomocą drutu żelaznego, po którym elektryczność przebiega z szybkością dorównywającą szybkości światła. (Zobacz dział nauk stosowanych).

Telefon przenosi wszelkie dźwięki, a więc i głos ludzki na bardzo znaczne odległości (nauki stosowane). Mikrofon potęguje i wzmacnia nader słabe dźwięki, tak że stąpanie muchy po papierze wydaje się przez mikrofon tak silnem, jak stąpanie konia po twardym torze. Mało życia ludzkiego, by poznać i zbadać te wszystkie cuda.

STRESZCZENIE. — ELEKTRYCZNOŚĆ.

Elektryczność dodatnia, elektryczność ujemna. Tarcie wywołuje na powierzchni laku i szkła pewną siłę, którą nazywamy elektrycznością.

Elektryczność, powstająca na laku, nazywa się elektrycznością ujemną.

Elektryczność, powstająca na szkle, nazywa się elektrycznością dodatnią.

Ciała, naładowane elektrycznością dodatnią, odpychają się wzajemnie.

Podobnież, ciała naładowane elektrycznością ujemną, odpychają się wzajemnie.

Przeciwnie, ciała posiadające elektryczność dodatnią, przyciągają ciała, mające elektryczność ujemną, a ciała, posiadające elektryczność ujemną, przyciągają ciała, mające elektryczność dodatnią.

Z tego wyprowadzamy dwa następujące prawa:

1-o. Ciała, mające elektryczności jednoimienne, odpychają się.

2-o. Ciała, mające elektryczności różnoimienne, przyciągają się.

Jak silny prąd oddziaływa na człowieka? Przytocz dwa ważne zastosowania elektryczności w przemyśle? Co to jest telegraf? Co wiesz o telefonie?

Dobre i złe przewodniki elektryczności. Jeżeli będę pocierał żelazo, to elektryczność jego będzie rozchodziła się po całej powierzchni żelaza i przez rękę oraz przez ciało moje przejdzie do ziemi.

Na szkle i laku, przeciwnie, pozostaje w miejscu, w którem wywołało ją tarcie.

Mówimy zatem, że żelazo, ciało ludzkie, ziemia i woda są dobremi przewodnikami elektryczności.

Lak, szkło i jedwab są złemi przewodnikami.

Aby wywołać na żelazie zjawiska elektryczności trzeba owinąć je kilkakrotnie jedwabiem.

Zagrodzić drogę elektryczności za pomocą złego przewodnika, jest to odosabniać lub izolować dane ciało.

Iskry elektryczne. Kiedy przybliżamy palec do dużej tafli żywicy, którą przedtem tarliśmy mocno i długo, to widzimy małe iskierki i słyszymy lekki trzask. Zjawisko to jest miniaturą burzy: światło iskry jest błyskawicą, lekki trzask — grzmotem.

Ciała można naelektryzować za pomocą tarcia, przez zetknięcie i przez wpływ.

Własność ostrzy. Elektryczność dąży zawsze do ostrych końców przedmiotu, wskutek czego ciało naładowane a będące dobrym przewodnikiem wyładowywa się, jeżeli zakończymy je ostro lub wetkniemy weń przedmiot ostry.

Piorunochrony. Ta własność ostrzy, dzięki której piorun uderza zawsze w wieże lub w wierzchołki drzew, została zastosowaną przy budowie piorunochronów.

Piorunochron składa się z długiego, zaostrzonego pręta żelaznego, do którego przyczepiony jest gruby łańcuch żelazny, wpuszczony drugim końcem w studnię.

Kiedy chmura naładowana przypuśćmy ujemnie, idzie dość blizko nad ziemią, wówczas przyciąga elektryczność dodatnią na wszystkie wyniosłe przedmioty.

Wówczas mamy do czynienia z jednem z następujących zjawisk:

1-o. Jeżeli chmura nie jest zbyt blizko lub nie jest zbyt naładowana, wówczas elektryczność ziemi spłynie łagodnie na ostrze piorunochronu, a z ostrza w chmurę i wyładuje elektryczność chmury.

2-o. Jeżeli zaś chmura zawiera dużo elektryczności, wówczas pomiędzy chmurą a ostrzem piorunochronu, przeskakuje iskra i elektryczność spłynie do studni, przechodząc przez pręt i łańcuch żelazny piorunochronu.

Szczęściem jednak większa część błyskawic przeskakuje między dwiema chmurami, a na ziemię pada piorunów stosunkowo niewiele.

Maszyny elektryczne, stosy elektryczne. Mamy dwa rodzaje przyrządów, za pomocą których otrzymujemy większe ilości elektryczności: są to maszyny elektryczne i stosy elektryczne.

W maszynach elektryczność wytwarza się wskutek tarcia.

Stosy elektryczne oparte są na tem, że ilekroć mamy do czynienia ze składem lub rozkładem chemicznym, czyli inaczej mówiąc **reakcją chemiczną**, tylekroć wytwarza się pewna ilość elektryczności.

Stosy dają nam oba rodzaje elektryczności: dodatnią i ujemną. Łącząc dwa druty, które zbierają elektryczność, otrzymujemy **prąd** elektryczny.

Prąd ten ma działanie fizjologiczne (wywołuje kłucie w języku, konwulsje, śmierć nawet), działanie fizyczne (odchyla igłę magnesową, daje iskry, wytwarza światło) i działanie chemiczne (rozkład wody).

(Tematy do ćwiczeń znajdują się w końcu Fizyki).

VI. — MAGNESY.

Przyjrzyjcie się, dzieci, temu kawałkowi stali, zgiętemu w kształcie podkowy (fig. 25). Na pierwszy rzut oka nie widzimy w nim nic nadzwyczajnego, ale oto — uważajcie. Zbliżam oba końce jego do igły stalowej (fig. 26); widzicie, że kiedy podkowa moja znajduje się na centymetr od igły, to igła zaczyna wznosić się, zbliża się do podkowy i przylega doń tak, że trzeba dość znacznego wysiłku, aby oderwać.

Fig. 25. **Magnes.**

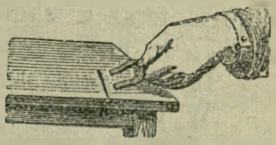


Fig. 26. Igła zbliża się do magnesu i przylega doń.

Ten kawałek stali, przyciągający żelazo i stal nazywa się **magnesem.**

Przyciąganie żelaza. Zmieszałem na tem talerzu (fig. 27) opiłki żelaza,

---

Jak działa magnes na opiłki żelaza?

miedzi, trociny drzewne, piasek i pył węglowy. Na pewnej odległości ponad tą mieszaniną przeciągam teraz końce mego magnesu. Patrzcie, oto opiłki żelaza wznoszą się i przylegają do magnesu, miedź zaś i inne ciała zostają w najzupełniejszym spokoju. Tak więc magnes przyciąga tylko żelazo.

Sztabka magnesu działa głównie tylko końcami swojemi. Widzicie, że środkowa, zaokrąglona część mej podkowy przyciąga bardzo słabo (fig. 28). Dlatego to właśnie magnesy mają prawie zawsze kształt podkowy, dzięki czemu oba jego końce działają odrazu.

Działanie magnesu z odległości. Widzieliście, że magnes działa z odległości, gdyż igiełka zaczęła się poruszać, będąc od-

Fig. 27. Magnes przyciąga żelazo.

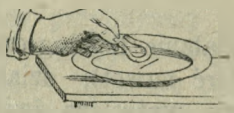


Fig. 28. Środkowa, zaokrąglona część magnesu działa bardzo słabo.

Fig. 29. Igiełka podąża za magnesem, umieszczonym pod taflą szkła.

dalona na centymetr od końców podkowy. Nic nie może przeszkodzić temu działaniu, nic dla niego nie jest zaporą. Umieszczam kolejno moją igiełkę na papierze, na tafli szkła (fig. 29), na jedwabiu, a następnie pod spodem tej zapory prowadzę w rozmaitych kierunkach mój magnes: igiełka podąża za nim wszędzie. Ani szkło, ani też żadne inne ciało nie może przeszkodzić działaniu magnesu.

Magnesowanie przez zetknięcie. Przytknijmy teraz igłę do boku końców magnesu i zbliżymy ją do opiłków żelaznych (fig. 30); Widzimy, że opiłki będą natychmiast przyciągnięte i przylgną do igły. Pochodzi to stąd, że igła, wskutek zetknięcia się z magnesem, sama stała się magnesem — czyli namagnesowała się. Zdejmuję ją teraz z magnesu i widzę, że oba jej końce przyciągają pomimo to opiłki żelaza (fig. 31).

Igiełka nasza stała się trwałym magnesem.

W ten sposób robiono dawnemi czasy wszystkie, używane przez fizyków magnesy. Pocierano kawałek stali gotowym już magnesem i stal nabierała własności magnesu.

Jak działa magnes na miedź i inne ciała? Czy wszystkie części magnesu działają jednakowo? Dlaczego magnesy mają zwykle kształt podkowy? Czy igła dąży za magnesem, umieszczonym pod szkłem?

Magnesy robią zwykle ze stali, bo chociaż żelazo namagnesowywa się nawet łatwiej, niż stal, ale też i łatwo traci nabyty magnetyzm; żelazo w stanie czystym, bez domieszek, traci magnetyzm z chwilą odjęcia go od magnesu.

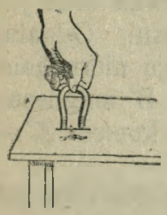


Fig. 30. Igiełka magnesowana: magnesowanie przez zetknięcie.

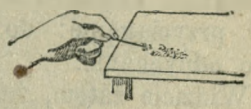


Fig. 31. Oba końce igły przyciągają opiłki żelaza.

Magnesy naturalne. Piotrusiu, dlaczego uśmiechałeś się, gdy mówiłem, że dawniej robiono magnesy pocieraniem stali o gotowy magnes? — Bo ciekaw jestem, skąd się wziął pierwszy magnes, jakże go zrobiono, kiedy nie było jeszcze magnesów gotowych. — Zaraz ci opowiem, właśnie o tem miałem zamiar wam mówić.

Nie wszystkie magnesy są sztuczne, istnieją także magnesy naturalne. Niektóre gatunki rudy żelaznej mają własność przyciągania żelaza. Ruda ta znajduje się obficie w Szwecji, Rosji i w Azji mniejszej, w pobliżu starogreckiego miasta Magnezji; dlatego to Grecy nazwali magnetyzmem własność przyciągania, jaką ma ta ruda. Czy zrozumiałeś, Piotrusiu? Magnesami naturalnemi pocierano sztabki magnesu, robiąc tym sposobem magnesy sztuczne. Dzisiaj otrzymują magnesy zupełnie inaczej: wspomnę wam o tem nieco później, a teraz przejdźmy do czego innego.

Przyciąganie i odpychanie magnetyczne. Oto drut stalowy do robienia pończoch — namagnesowuję go przez pocieranie; widzicie, że obu końcami przyciąga opiłki żelazne. Przewiązuję go nitką przez środek i zawieszam na niewielkim postumencie (fig. 32). Drut nasz kołysze się to w jedną, to w drugą stronę, waha się, a następnie zatrzymuje się w pewnem położeniu.

Teraz do jednego końca A zbliżam koniec A′ mego magnesu: drut jest najwidoczniej przyciągany przez magnes. Niema w tem nic dziwnego, ale cierpliwości, zaraz pokażę wam rzecz zdumiewa-

---

Czy igiełka może stać się magnesem? Jakim sposobem?
W jaki sposób powstał pierwszy magnes?

jącą. Przedewszystkiem jednak muszę oznaczyć atramentem końce A i A′, t. j. końce drutu i magnesu, które się przyciągają.

Tymczasem drut nasz uspokoił się i przyjął położenie, jakie zajmował poprzednio. Zbliżam teraz do tego samego końca A drutu drugi koniec B′ magnesu. Rzecz dziwna drut jest momentalnie odepchnięty i oddala się od magnesu. Oddalmy prędko magnes i czekajmy: drut uspakaja się i staje nieruchomo. Teraz do drugiego końca B drutu zbliżam koniec B′ magnesu: spostrzegamy przyciąganie: do końca B zbliżam koniec A′ — widzimy znowu odpychanie.

Widzicie zatem, że gdy zbliżamy do siebie dwa magnesy, to one albo przyciągają się, albo odpychają.

Ażeby to zrozumieć lepiej, namagnesujmy dwa druty A A (fig. 33), leżące równolegle obok siebie. W tym celu stawiam w sa-

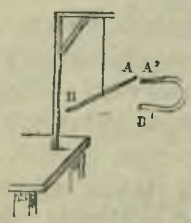


Fig. 32. Oba końce magnesu są odpychane lub przyciągane.

Fig. 33. Pocieram druty kilka razy od M do AA′.

Fig. 34. Pocieram je w podobny sposób drugim końcem magnesu od M do BB′.

mym środku M dwóch drutów koniec poczerniony mego magnesu i pocieram druty tym końcem od M do AA′, powtarzając to kilka razy. Potem odwracam magnes (fig. 34), stawiam w punkcie M koniec niezaczerniony i pocieram ku końcom BB′ takąż samą liczbę razy.

Oba druty są już namagnesowane. Zaczernijmy atramentem, aby się nie pomylić, oba końce B i B′ drutów (fig. 35), a następnie zawieśmy na nici jeden z nich, naprzykład drut AB, przewiązawszy go przez środek. Zobaczymy wtedy, że jeżeli do końca A zbliżymy koniec A′ drugiego drutu, to koniec A zostanie odepchnięty; jeżeli zaś przybliżymy koniec B′, to przeciwnie, koniec A będzie przyciągnięty, ale zato koniec B — odepchnięty.

A więc w każdym z końców, czyli biegunów, magnesu mamy inny rodzaj magnetyzmu, tak samo jak mamy inny rodzaj elek-

---

Jak magnesować drut przez tarcie?

tryczności na każdym z końców ciała naelektryzowanego przez wpływ, lub na każdym z dwóch biegunów stosu elektrycznego.

Nie ulega wątpliwości, że na końcach A i A′ znajduje się jeden rodzaj magnetyzmu, a na końcach B i B′ — drugi.

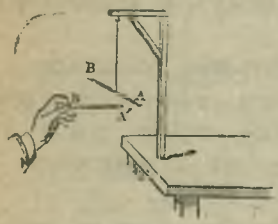


Fig. 35. A′ odpycha koniec A i przyciąga B.

Fig. 36. Kaczka zbliża się lub oddala, zależnie od tego, który koniec magnesu zbliżamy do niej.

Możemy więc twierdzić, że bieguny jednorodne odpychają się, a bieguny różnorodne przyciągają się zupełnie tak, jak to się dzieje w elektryczności.

Henryk wie o tem dobrze. Wujaszek dał mu niedawno kaczkę z cynku, która pływa po wodzie, przyczem przypływa ku nam lub oddala się stosownie do tego, który koniec igiełki namagnesowanej zbliżamy do jej dzióbka (fig. 36). Bo trzeba wam wiedzieć, że kaczka ta ma w dziobie drugą taką igiełkę namagnesowaną. Henryk przyniósł nam dziś tę ciekawą zabawkę: widzicie, jak kaczka słucha się naszej igiełki.

Busola. Powróćmy teraz do naszego drutu zawieszonego. Widzicie, że przyjął on pewne położenie; jeżeli go poruszę, to drut kołysze się jakiś czas i przyjmuje znów położenie poprzednie. Zauważcie dobrze kierunek tego położenia; widzicie, że jeden koniec drutu zwraca się zawsze na północ, a drugi — na południe. Busola (fig. 37) jest po prostu igłą magnesową, tylko igła ta, zamiast być zawieszoną, co utrudniałoby bardzo przenoszenie przyrządu, jest osadzona na sztyfcie, około którego może się swobodnie obracać. Ażeby ją uchronić od uszkodzenia, umieszczamy tę igiełkę w pudełku z pokrywą szklaną.

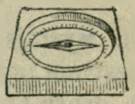


Fig. 37. Jeden koniec busoli zwraca się zawsze ku północy.

Czem różnią się od siebie oba końce magnesowanego drutu? Jakie są prawa przyciągania i odpychania magnetycznego?

Jaki kierunek przyjmuje zawsze igiełka magnesowana? Co to jest busola?

Nie będę wam opowiadał szeroko o użyteczności busoli; domyślacie się sami, że wiedząc, gdzie jest północ, możemy odnaleźć wszystkie strony świata, nawet wtenczas, kiedy pochmurne niebo nie pozwala się orjentować według gwiazd lub słońca. Dlatego też busola jest nader ważnym przyrządem dla podróżujących, szczególniej dla żeglarzy.

Biorąc z sobą w drogę busolę musimy mieć na uwadze, aby w pobliżu niej nie było magnesu lub żelaza, gdyż inaczej igiełka busoli będzie zmieniała kierunek i będzie mylnie pokazywała. Dlatego to na okrętach żelaznych trudno jest o prawidłowe położenie busoli.

Nie więcej nad 400 lub 500 lat upłynęło od czasu, gdy busola stała się znaną w Europie, ale Chińczycy wynaleźli ją znacznie dawniej.

Magnesowanie za pomocą stosu elektrycznego. Mówiłem wam, że nie robią już dziś magnesów przez pocieranie gotowemi magnesami. Oto jak postępuje się teraz. Biorę gwóźdź AB (fig. 38), zrobiony z żelaza miękkiego, okręcam go kawałkiem słomy, która jest złym przewodnikiem elektryczności; potem, biorąc jeden z drutów C stosu elektrycznego, któryśmy zrobili przed chwilą, okręcam go kilkanaście razy naokoło gwoździa, owiniętego słomą. Zobaczcie przedewszystkiem, że oba końce gwoździa, wystające ze słomy, nie mają bynajmniej własności magnesu, to jest nie przyciągają ani żelaza ani stali. Teraz łączę w punkcie E dwa druty C i D, czyli bieguny stosu: prąd elektryczny przebiega naokoło gwoździa, który wnet nabiera własności magnetycznych i przyciąga opiłki. Skoro przerwę druty, to jest wstrzymam prąd elektryczny, opiłki spadają z gwoździa; kiedy łączę druty, prąd przebiega znowu i gwóźdź przyciąga opiłki.

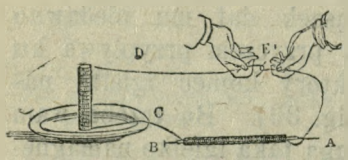


Fig. 38. Gdy prąd elektryczny przebiega po drucie, — gwóźdź staje się magnesem (elektromagnesem).

Zbudowaliśmy w ten sposób przyrząd zwany **elektromagnesem.** Nasz elektromagnes jest bardzo słaby, przyciąga on zaledwie trochę opiłków żelaza. Z pomocą silnych prądów robią elektromagnesy, mogące podnosić dziesiątki tysięcy funtów.

Co mamy zrobić z gwoździem, który chcemy magnesować prądem elektrycznym? Jak postępujemy następnie?

Jak się nazywa żelazo magnesowane w ten sposób?

Elektromagnesy stanowią najgłówniejszą część telegrafu elektrycznego. (Zobacz dział nauk stosowanych).

STRESZCZENIE. — MAGNESY.

Magnes, magnetyzm. Magnes jest to kawałek stali, który ma własność przyciągania żelaza.

Własność ta nazywa się magnetyzmem.

Igła stalowa, potarta o magnes, nabiera własności magnesu.

Są dwa rodzaje magnetyzmu, tak samo jak są dwa rodzaje elektryczności.

Jeżeli jeden koniec, czyli biegun, igiełki namagnesowanej posiada magnetyzm jednego rodzaju, to drugi biegun ma magnetyzm przeciwny.

Bieguny jednorodne odpychają się; — bieguny różnorodne przyciągają się. (Czy temu samemu prawu podlega i elektryczność?).

Busola jest poprostu igłą magnesową, osadzoną ruchomo na sztyfcie. Jeden z jej końców zwraca się zawsze ku północy.

Magnesujemy teraz żelazo i stal, przepuszczając dokoła nich prąd elektryczny; na tem polega urządzenie telegrafu elektrycznego.

VII. — CIĄŻENIE.

Ciężar i Gęstość.

Siła ciążenia. Mam w ręku kamień i kawałek papieru. Puszczam je: kamień po linji prostej pada na ziemię; papier buja przez pewien czas w powietrzu, ale ostatecznie spada na podłogę. Doświadczenie to mogłem zrobić i z innemi ciałami; wszystkie ciała puszczone w powietrze, spadają na ziemię.

Biorę jeszcze raz mój kamień i papier, ale tym razem skręcam papier w ręku, robiąc zeń kulkę dość ścisłą, następnie rzucam ją wraz z kamieniem na podłogę. Patrzcie, teraz kulka papieru pada równie prędko jak kamień i pada wprost na ziemię.

To nam dowodzi, że wszystkie ciała spadają na ziemię z jednakową prędkością, jeżeli zaś widzimy jakie różnice pod tym wzglę-

dem, to powoduje je jedynie opór powietrza, który jest, oczywiście, tem większy, im większa jest powierzchnia ciała spadającego.

Zbliż się, Janku, i trzymaj poziomo otwartą dłoń (fig. 39).

Fig. 39.—Janek: „To nic nie boli“. „Tym razem poczułem dość silne uderzenie.“ „O! proszę pana, to bardzo boli!“

Mam tu kulkę ołowiu i puszczam ci ją na rękę z wysokości 10 centymetrów. Czy poczułeś choćby najlżejszy ból? — Nie panie.—A teraz podnoszę rękę i rzucam kulkę z wysokości jednego metra. — O! tym razem poczułem ją dobrze. Zaczekaj jeszcze: wchodzę teraz na krzesło i puszczam kulkę z wysokości dwóch metrów. — O! proszę pana, to bardzo boli! A widzisz, a wiesz dlaczego? Oto kulka spada z tem większą siłą, a właściwie mówiąc, spada tem prędzej, im dłużej leci, to jest im większą przestrzeń ma do przebycia.

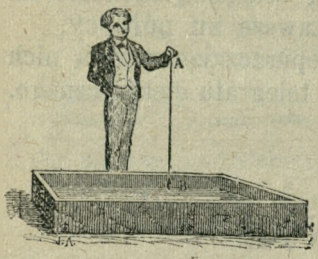


Fig. 40. Linja pionowa AB jest prostopadłą do powierzchni wody.

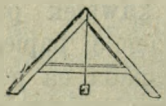


Fig. 41. Ciężar na sznurku używany przez mularzy, t. zw. grundwaga.

Ze znacznych wysokości ciała spadają tak prędko, że nie podobna ich dojrzeć. Tak np., w ciągu pierwszej sekundy ciało przebiega 4,9 m., w ciągu drugiej sekundy — 14,7 m., piątej 44,1 m. i 93,1 m. w ciągu dziesiątej sekundy swego spadku i tak dalej, prędkość ciała powiększa się ciągle, coraz to znaczniej. Każdy z was może bezpiecznie zeskoczyć na podwórze z okna naszej klasy, bo wtenczas spadlibyście tylko z wysokości 1,50 m. ale gdybyście wyskoczyli z okna dzwon-

---

Wszystkie ciała spadają z jednakową prędkością, dlaczegóż papier spada wolniej niż ołów? Co możemy powiedzieć o prędkości ciał spadających?

nicy wzniesionej na 15 metr., to pogruchotalibyście sobie wszystkie kości.

Pion. Ciała spadają na ziemię nie po przypadkowych i dowolnych kierunkach, ale zawsze po linji prostej AB (fig. 40), prostopadłej do poziomu wody. Linja ta nazywa się pionową.

Ażeby oznaczyć ściśle kierunek linji pionowej, zawieszamy na sznurku jakiekolwiek ciało ciężkie; ciało to wyciąga sznurek i doprowadza go do kierunku pionowego. Taki sznurek z ciężarkiem nazywa się pionem (fig. 40) lub grundwagą (fig. 41).

Ciężar ciał. Wyciągnij teraz, Janku, obie ręce i nie bój się, tym razem nie poczujesz żadnego bólu. Kładę ci na jednym ręku A (fig. 42) kawałek korka, a na drugim B takiej samej wielkości kawałek ołowiu. Czy odczuwasz jaką różnicę między obu ciałami? — Ołów jest daleko cięższy niż korek. — Dobrze, ale powiedz mi, co chcesz wyrazić, mówiąc, że ołów jest cięższy?

— To znaczy, że ołów naciska więcej, że trudniej mi jest powstrzymać go od spadnięcia na ziemię.

Doskonale, mój chłopcze. Wszystkie ciała spadają z jednakową prędkością, ale nie z jednakową siłą. Tylko co poczułeś silny ból, kiedy rzuciłem ci na rękę kulkę ołowiu z wysokości dwóch metrów, ale doskonale mógłbyś wytrzymać uderzenie korka, spadającego choćby ze znacznej wysokości. Ciało, które spada na ziemię z większą siłą niż inne, nazywa się cięższem.

Fig. 42. Kawałek ołowiu jest daleko cięższy od korka.

Gęstość ciał. Wszystko to nie jest tak proste, jak się na pierwszy rzut wydaje. Wyciągnij jeszcze obie ręce, Janku. Oto na jednym ręku kładę ci kawałek korka, a na drugim kawałek ołowiu tej samej mniej więcej wielkości. Ołów jest cięższy nieprawdaż? — Tak, panie. — Dobrze; a teraz na rękę, w której trzymasz korek, kładę duże kawałki korka, a kładę ich tyle, ile tylko pomieścić może twa ręka. Cóż teraz jest cięższe? — Korek, ale niema w tym nic dziwnego, bo mam go daleko więcej, niż ołowiu. Dziwne, czy nie, to mniejsza o to, najważniejszem jest to, że korek jest teraz cięższy. Cóż mi możesz na to po-

---

Po jakiej linji lecą ciała spadające? Jak się nazywa ta linja? Jak oznaczyć ściśle położenie pionowe? Jak się nazywa taki przyrząd?

wiedzieć? — Aby porównać ciężar korka z ciążarem ołowiu trzeba, aby kawałki korka i ołowiu były **jednakowej wielkości**. — Bardzo dobrze. A zatem, czy ciało ma wielką objętość czy małą, zawsze powiemy, że jest **cięższe**, jeżeli tylko spada z większą siłą. Tak naprzykład mówimy, że duży kawał korka jest cięższy od małego kawałka ołowiu. Ale jeżeli z dwóch ciał, mających jednakową **objętość**, jedno jest cięższe, to mówimy o niem, że jest **gęstsze**: ołów ma większą gęstość, niż korek.

Nie myślcie, że tylko ciała stałe różnią się pomiędzy sobą gęstością. Oto mała buteleczka A napełniona wodą (fig. 43), a druga B, tej samej objętości, napełniona rtęcią. Zważ je w ręku. Nieprawdaż, jaka różnica! Rtęć wzięta w jednakowej ilości co i woda, waży od niej $13\frac{1}{2}$ razy więcej, czyli, inaczej mówiąc, gęstość rtęci jest $13\frac{1}{2}$ razy większa od gęstości wody. Dla uproszczenia przyjmujemy gęstość wody za jednostkę, gęstość rtęci będzie w takim razie 13,6.

Podobnież trzeba rozumieć wyrażenia, że gęstość ołowiu równa się 11,4; złota 19,5; żelaza 7,8; kamieni zwyczajnych 2,7; szkła 2,5; drzewa dębowego 0,6; wina 0,9; spirytusu 0,8 i t. d.

Gazy także posiadają ciężar i również różnią się pomiędzy sobą gęstością. Powietrze nie jest bardzo ciężkie; litr jego waży zaledwie 1,293 gr., czyli 772 razy mniej niż woda. Pomimo to ma ona swój ciężar; butelka zawierająca powietrze waży więcej niż butelka zupełnie próżna.

Fig. 43. Gęstość (ciężar przy jednakowej objętości) wody A jest 1, gęstość rtęci B = 13,6.

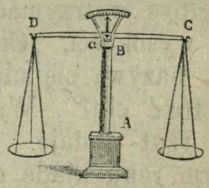


Fig. 44. Wagi zwyczajne. CD belka.

Wagi. Tylko co ważąc w ręku kawałek korka i kawałek ołowiu mówiłeś mi, że ołów jest cięższy. Poczułeś to odrazu

---

Co znaczy właściwie, gdy mówimy, że jedno ciało jest cięższe od drugiego? Kiedy możemy porównywać ciężar dwóch ciał? Kiedy mówimy, że jedno ciało jest cięższe od drugiego?

Kiedy mówimy że jedno ciało jest gęstsze od drugiego? Powiedz, co to jest „gęstość“, biorąc za przykład rtęć i wodę? Czy powietrze ma ciężar? Ile waży powietrze w porównaniu z wodą?

i z łatwością, gdyż różnica w wadze tych ciał jest bardzo znaczna. Ale, aby oznaczyć wagę ciał, z których jedno jest bardzo mało cięższe od drugiego, musimy uciekać się do przyrządów zwanych **wagami**.

Jest kilka rodzajów wag. Najprostsze i najwięcej używane (fig. 44) składają się z nieruchomej pionowej podstawy AB, na której wspiera się ruchomo pozioma belka CD, umieszczona w ten sposób, że punkt jej podparcia znajduje się w połowie jej długości i może się kołysać swobodnie. Na dwóch końcach belki są zawieszone talerzyki czyli szalki. Jeżeli obie szalki wraz z podtrzymującemi je drutami mają jednakowy ciężar, to belka zachowuje położenie ściśle poziome. Bywa to i wówczas, kiedy na obu szalkach położymy jednakowe ciężary. Ale jeżeli ciężary nie są jednakowe, to ta szalka, na której leży ciało cięższe, opuszcza się na dół.

Przyrząd ten nietylko pokazuje nam, które z dwóch ciał jest cięższe, lecz także oznacza dokładnie ciężar ciała. Chcąc zważyć dane ciało, trzeba porównać jego ciężar z ciężarem nam już znanym, który przyjmujemy za jednostkę wagi. Poznaliście już system metryczny, wiecie więc, że główną jednostką wagi jest centymetr sześcienny wody dystylowanej ważący jeden **gram**.

Mierzenie ciężaru ciał stałych. Kładę na jednej z szalek ciało, które mam zważyć, np. kulkę z ołowiu: szalka opuszcza się natychmiast w dół. Wówczas na drugą szalkę kładę ciężarki i nakładam je dotąd, aż belka wagi stanie w położeniu poziomem. Widzicie, że położyłem najpierw ciężarek 200-gramowy, potem 50-cio gramowy, następnie 20-to, potem 3 gr. i 0,6 decygr. Tym sposobem dowiedziałem się, że kulka moja waży 273,6 gr.

Mierzenie gęstości ciał stałych. Przypuśćmy, że teraz chcę oznaczyć już nie ciężar, ale gęstość ołowiu. Mogę to zrobić bardzo łatwo przy pomocy moich wag. Biorę przygotowany umyślnie do tego kawałek ołowiu o sześciu powierzchniach zupełnie gładkich. Jeden z jego boków ma 4 cent. długości, drugi 3, a trzeci 2. Wiemy już, że objętość tego kawałka ołowiu będzie $4 \times 3 \times 2 = 24$ cent. sześcienne.

I tak 24 centymetry sześcienne ołowiu ważą 2739,6 gr., a 24 cm. sześcienne wody ważyłyby 24 gr. Gęstość ołowiu równa się zatem $\frac{273,6}{24} = 11,4$.

— Chciałbym wiedzieć bardzo, dlaczego pan Piotr się uśmiecha? — Bo pan wybrał sobie doświadczenie bardzo łatwe, biorąc kawałek ołowiu, odpowiednio ociosany; cóż łatwiejszego, jak znaleźć jego objętość. Ale jakby pan zrobił z kamieniem o powierzchniach nieprawidłowych?

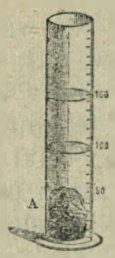


Fig. 45. Poziom wody, który był przy 100, podniósł się po wrzuceniu kamienia do 160. Różnica pokazuje objętość kamienia A.

— Cobym zrobił? Ano patrz uważnie. Oto naczynie podzielone na części równej objętości (fig. 45). Nalewam w nie wody aż do kreski, przy której jest wypisana liczba 100. Oznacza to, że w naczyniu znajduje się 100 cent. sześciennych wody. Następnie rzucam tam kamień, woda podnosi się aż do 160-ej kreski. Jakaż jest objętość kamienia, panie Piotrze? — Kamień zajmuje 60 podziałek — a zatem objętość jego jest 60 cent. sześciennych. Dobrze, no cóż. czy jesteś zadowolony teraz? Tak, ale jeżelibyśmy chcieli odnaleźć objętość cukru? Wszak cukier rozpuszcza się momentalnie, nie moglibyśmy więc zobaczyć, ile podziałek on zajmuje. — Masz słuszność, co się tyczy materji rozpuszczalnych, musimy uciekać się do sposobów mniej łatwych. Widzicie dzieci, że częstokroć rzeczy na pozór bardzo proste wikłają się przy bliższem rozpatrzeniu.

Mierzenie ciężaru i gęstości płynów i gazów. Tak samo postępujemy i z płynami: centymetr sześcienny rtęci waży 13,6 gr., gęstość jej równa się 13,6.

Sposób ważenia ciał stałych jest bardzo prosty, kładziemy na jedną szalkę ciało, które chcemy zważyć, a na drugą ciężarków tyle, ile potrzeba dla równowagi.

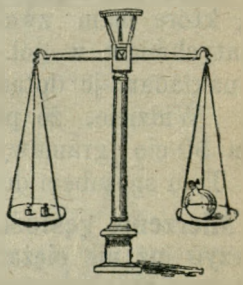


Fig. 46. Litr powietrza waży 1 gr. 29.

Chcąc oznaczyć ciężar płynu, trzeba wlać go w naczynie i zważyć z naczyniem, następnie wylewamy płyn i ważymy naczynie próżne i ciężar jego odejmujemy od sumy ogólnej. Tak samo postępujemy z gazami.

Ażeby określić ciężar powietrza, kładziemy na jedną z szalek wagi bańkę napełnioną powietrzem (fig. 46). Przypuśćmy,

---

Ile waży centymetr sześcienny rtęci? Jakim sposobem ważymy płyny? A gazy?

że bańka ta pomieszcza akurat litr i waży wraz z powietrzem 101,29 gr. Następnie, za pomocą maszyny pneumatycznej (o której wkrótce powiem wam słów kilka), wypompowujemy powietrze z bańki. Bańka próżna waży tylko 100 gramów. Łatwo domyślicie się, że pozostałe 12,9 gr. jest wagą litra powietrza, ważącego 772 razy mniej od wody.

Związek pomiędzy temperaturą, a gęstością ciał. Kiedy mówimy, że centymetr sześcienny złota waży 5,19 gr., centymetr sześcienny rtęci 6,13 gr., litr czyli 1000 cent. sześciennych powietrza — 1,29 gr., to trzeba koniecznie dodać, że ważą one tyle przy temperaturze 0^0.

Czy nie domyślasz się dlaczego, Piotrusiu? Czy mógłbyś mi powiedzieć, czy 1 centymetr sześcienny złota przy temperaturze 0^0, będzie ważył więcej czy mniej przy temperaturze 100^0? — Ja myślę, że będzie ważył jednakowo, bo w jednym, jak i w drugim razie będzie to zawsze jeden centymetr sześcienny. — Mylisz się moje dziecko, uważaj tylko dobrze.

Oto masz centymetr sześcienny złota: przy temperaturze 0^0 waży on 19,5 gr. Kładę go teraz w gotującą wodę. Pod wpływem ciepła złoto rozszerza się, jak wiecie. Mamy go więc już nie centymetr sześcienny, ale cokolwiek więcej! Odejmuję teraz tę nadwyżkę tak, aby mieć centymetr sześcienny przy temperaturze 100^0. Rzecz jasna, że odejmując część ciała, zmniejszam tem samem i jego ciężar. A zatem przy 100^0 centymetr sześcienny waży mniej niż przy 0^0.

Ponieważ płyny rozszerzają się znacznie więcej, niż ciała stałe, przeto różnice ich gęstości przy rozmaitych temperaturach będą daleko większe.

W gazach różnice te są istotnie olbrzymie. Litr powietrza przy 0^0 równa się przy temperaturze 100^0 $1^1/_3$ litra. Ciężar litra powietrza zmniejsza się więc o $^1/_3$ przy temperaturze 100^0.

Widzicie więc, że trzeba koniecznie określać, przy jakiej temperaturze była oznaczona gęstość ciał. Zwykle oznaczamy gęstość ciał przy temperaturze topniejącego lodu, czyli przy 0^0. Wyjątek stanowi woda, której gęstość określamy przy temperaturze 4^0 poniżej zera. Tak więc, gdy mówimy, że centymetr sześcienny wody waży 1 gr., to trzeba pamiętać, iż ma to miejsce przy temperaturze 4^0. Dlaczego 4^0, pytacie? Objaśnię wam to w przyszłym roku, teraz ograniczymy się tylko tem, że rozumiecie już dobrze, co to jest ciężar i gęstość ciał i wiecie, jak się je mierzy.

CIŚNIENIE PŁYNÓW.

Wypływanie ich. Chodźmy do ogrodu i postarajmy nauczyć się czego od beczki, w której trzymam wodę do polewania. Wyjmuję czop, czy widzicie, że tryskający strumień wody pada dość daleko. Jeżeli podstawim rękę, to przekonamy się, że strumień ten wytryska z wielką siłą. Ale w miarę tego, jak beczka wypróżnia się, wytrysk wody słabnie. Od *a* (fig. 47) cofa się on ku *b* i ku *c*, a pod koniec woda wylewałaby się prawie pionowo. Zatknijmy teraz czop; nie wypuszczajmy wszystkiej wody, bo będzie nam ona potrzebna za chwilę.

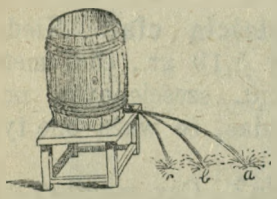


Fig. 47. W miarę wypróżnienia się beczki strumień wody słabnie i zbliża się od a do c.

Jeżelibym spytał się ciebie, Henryku, co jest powodem, że woda tak wytryska z beczki, to cóżbyś odpowiedział? — Zdaje mi się, że powodem tego jest ciężar wody w beczce, ponieważ, im więcej jest wody, tem wytrysk jest silniejszy. To woda wypycha strumień.

Ciśnienie zależy od wysokości. Tak, moje dziecko, masz słuszność — to woda wypycha strumień.

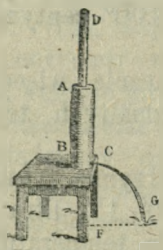


Fig. 48.

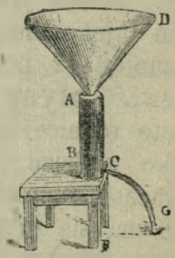


Fig. 49.

Bez względu na to, czy weźmiemy wązką rurkę AD, czy też szeroki lejek, woda wytryśnie zawsze do G na 15 cent. od F, gdyż siła wytrysku nie zależy od ilości, ale od wysokości wody w naczyniu.

Ale siła wytrysku nie zależy wcale od ilości wody w naczyniu, ale od **wysokości**, do jakiej się woda wznosi ponad otworem.

Skoro wyjmę czop z beczki, co się dzieje ze strumieniem wody w miarę wypróżniania się beczki?

Zaraz wam tego dowiodę na przyrządzie nadzwyczaj prostym, który sporządziłem sam.

Oto rurka blaszana AB (fig. 48), zakorkowana szczelnie u dołu. Zrobiłem w niej mały otwór C, który teraz także jest zatkany. Do górnego otworu A wstawiam drugą rurkę D, daleko węższą od pierwszej. W cały ten przyrząd nalewam teraz wody do pewnej wysokości, przyczem przekonałem się, że w szerokiej rurce mieści się 400 centymetrów sześciennych wody, a w wązkiej tylko 100. Wyjmuję teraz korek z bocznego otworu C. Widzicie, że woda tryska dosyć daleko, aż do punktu G, ale bardzo prędko traci pęd i spada już blizko rurki; zmierzmy odległość FG, czyli największą długość wytrysku. Widzicie, że wynosi ona 15 centymetrów.

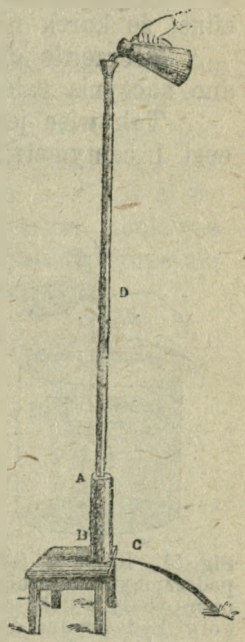


Fig. 50. Ciśnienie wody wysadza mały korek. Rurka mieści mniej wody niż lejek, ciśnienie jej jest jednak większe, gdyż wysokość CD wody nad otworem jest większa.

Zatykam znowu mały otwór i na miejsce wązkiej rurki wkładam w otwór A duży lejek D (fig. 49), następnie nalewam w to wszystko wody do tej samej wysokości, co i w poprzedniem doświadczeniu. Musiałem zużyć do tego 1300 centym. sześciennych wody, z których 1000 weszło do lejka, pomieszczającego 10 razy więcej wody niż rurka, której używaliśmy przy pierwszem doświadczeniu.

Powiedz mi, Piotrusiu, czy po wyjęciu korka woda tryśnie dalej, niż przy pierwszem doświadczeniu? Tak, panie, ponieważ jest dziesięć razy więcej wody, więc wytryśnie ona dziesięć razy dalej. — Mylisz się, moje dziecko, zresztą odetkajmy otwór i patrzmy. Czy widzisz, że woda dochodzi również do punktu G, oddalonego od F o 15 centymetrów. Wytrysk wody trwa dłużej ponieważ jest jej więcej, ale nie jest wcale silniejszy od pierwszego. Widzicie więc, że miałem słuszność mówiąc, że siła wytrysku zależy od **wysokości** wody w naczyniu.

Pozwólmy sobie jeszcze na jedno doświadczenie.

Mam tu rurkę wązką, taką jak ta, której używaliśmy przy

pierwszem doświadczeniu, ale pięć razy dłuższą (fig. 50), pomieszcza ona połowę wody lejka. Wstawiam ją w rurkę blaszaną i zaczynam napełniać wodą. Ale cóż to znaczy? Nie nalałem jeszcze do punktu D, to jest do połowy rurki, a oto korek C wyskakuje i strumień tryska aż na 25 centym. Dlaczegóż to? Oto pomimo, że rurka zawiera mniej wody niż lejek, ciśnienie jednak było tak silne, że korek nie mógł mu się oprzeć.

Mierzenie ciśnienia. Pamiętajcież więc, że ciśnienie wody na dno naczynia zależy od wysokości wody w niem zawartej.

Tak więc jeżeli do naczynia, którego powierzchnia dna wynosi 1 centymetr, nalejemy wody na wysokość jednego centymetra, to ciśnienie na dno będzie się równało ciężarowi jednego centymetra sześciennego wody, czyli jednemu gramowi. Jeżeli woda będzie miała decymetr wysokości, to ciśnienie jej będzie się równało 10 gramom, niezależnie od tego, czy naczynie będzie wązką rurką czy też lejkiem.

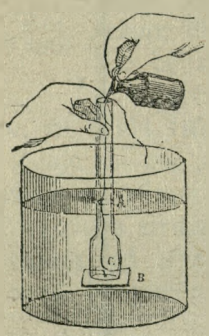


Fig. 51. Karta B jest podtrzymywana ciśnieniem wody z dołu do góry. Pada na dno dopiero wtedy, gdy woda w cylindrze wzniesie się do wysokości takiej, jaką zajmuje woda w dużem naczyniu.

Oczywista, że jeżeliby powierzchnia dna miała 2 centymetry, to ciśnienie równałoby się ciężarowi 2 gramów na centymetr wysokości wody; ciśnienie 10 centymetrów równałoby się 20 gramom. Jasnem jest bowiem, że woda ciśnie na każdy centymetr powierzchni dna.

Bardzo proste doświadczenie pokaże nam ciśnienie płynów i nauczy, jak trzeba je mierzyć.

Biorę zwykłe szkło od lampy (fig. 51), podkładam pod niego kartę, dobrze wystającą do brzegów i zanurzam wszystko w naczynie, napełnione wodą. Karta, którą przyciągałem do szkła za pomocą nitki, teraz trzyma się już sama dzięki ciśnieniu wody naczynia. Teraz nalewam wody do szkła od lampy. Z chwilą, gdy woda staje na poziomie A, to jest na takiej wysokości, na jakiej jest woda w dużem naczyniu, karta pada na dno. Dowodzi to ciśnienia z dołu ku górze, wywieranego na kartę. Ciśnienie to

---

Mam wązką rurkę i szeroki lejek; opisz, jaki strumień wypłynie z otworu u dna obu takich naczyń? Dlaczego strumień tryskający z lejka nie jest silniejszy od strumienia z rurki?

równa się ciężarowi słupa wody, mającego za podstawę otwór C szkła od lampy i wysokość, równającą się CA.

Wpływ gęstości płynów. Oczywista, że ciśnienie danej warstwy płynu będzie tem większe, im większa będzie gęstość tego płynu. Ponieważ rtęć jest 13½ raza gęstsza od wody, a zatem słup rtęci wysoki na 1 metr wywiera takie same ciśnienie, co i słup wody wysoki na 13,6 m.

Równowaga ciśnień. Zawiń rękaw, Piotrusiu, i zanurz rękę w tym kubełku, napełnionym wodą. Oprzyj się dłonią o dno kubełka (fig. 52). Czy czujesz cokolwiek? — Czuję, że woda jest bardzo zimna. — Nie o to mi idzie w tej chwili. Powiedz mi, czy czujesz, że woda ciśnie na twą rękę? — Nie panie. — A jak ci się zdaje, czy ona wywiera pewne ciśnienie? — Napewno, ponieważ ręka moja jest na dnie kubła. — Mamy więc tu zjawisko zupełnie nowe: woda ciśnie na twą rękę, a ty go nie odczuwasz.

Ale najpierw postarajmy się obliczyć to ciśnienie wody. Wysokość AB wody w kuble wynosi 25 cent.; przypuszczam, że powierzchnia twej ręki nie ma więcej nad kwadratowy decymetr. Jeden decymetr kwadratowy równa się 100 centymetrom kwadratowym. Masz więc ponad ręką słup wody, wynoszący $25 \times 100 = 2500$ centymetrów sześciennych a ważący mniej więcej 2500 gramów. Taka masa wody ciśnie na twą rękę, a ty tego nie czujesz! Przypuśćmy teraz, że ryba, mająca także 1 decymetr kwadratowy powierzchni, pływa na głębokości 10 decymetrów czyli jednego metra. W takim razie ulega ona ciśnieniu wynoszącemu 10 kilogr. Na 10 metrach głębokości ciśnienie wynosi 100 kilogr., na 1000 metr. (znajdowano ryby w morzu na takiej głębokości) ciśnienie wyniesie 10,000 kilogr. (fig. 53)! Mieć na sobie ciężar 10,000 kilogramowy i nie być zmiażdżonym i módz pływać swobodnie!

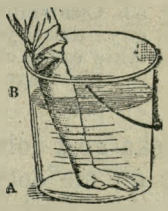


Fig. 52. Nie odczuwasz ciśnienia, ponieważ woda ciśnie jednakowo na wszystkie części twej ręki.

Nieprawdaż, jakie to dziwne? A jednak jest to rzecz zupełnie naturalna.

Ryba nie może być zmiażdżona, bo składa się z płynów i ciał stałych, a wiecie przecież, że są to ciała nieściśliwe, więc

---

Zanurzasz rękę na dno kubła z wodą; jak obliczysz ciśnienie wywierane na rękę?

nie mogą być zmiażdżone. — Ale proszę pana... — Cóż, Henryku, co masz do powiedzenia? — Pan mówi, że ciała stałe i płyny nie mogą być zmiażdżone, a ja pamiętam doskonale, jak jeden kowal rozmiażdżył sobie palec uderzeniem młota. Palec ten wyglądał, jak krwawa masa, o jakież to było okropne! I doktór musiał mu odjąć palec.

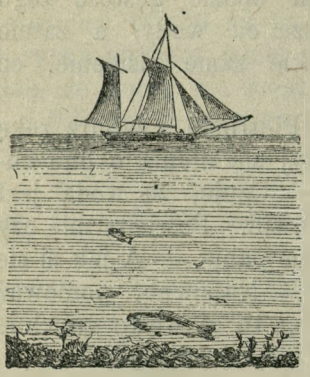


Fig. 53. Ciśnienie nie miażdży ryb, gdyż działa jednakowo na wszystkie części ciała nieściśliwego.

— Bardzo dobrze, chłopcze, że starasz się rozumieć wszystko, co widzisz, — lubię twoje rozumne spostrzeżenia. Jest to rzecz dość trudna do zrozumienia, ale mam nadzieję, że ją pojmiesz.

Połóż rękę na stole tak, jak kowal trzymał swoją na kowadle. Dobrze, teraz uderzę cię w palec tym oto młotkiem. Nie bój się, chłopcze, nie uderzę cię zbyt mocno! Zauważ tylko, jak działa młotek: naciska on tylko górną część palca, gdy tymczasem stół uciska go z dołu. Widzisz dobrze, że z boków, z obu stron palca nic go nie dotyka, nic nie powstrzymuje. Ciało twego palca jest ściśnięte między młotkiem a stołem i jeżelibym uderzył mocno, to ciało, przedziurawiając skórę, wysunęłoby się bokami palca, zupełnie tak, jak wyślizguje się pestka wiśni, ściśnięta między dwoma palcami. Palec twój byłby zmiażdżony. Lecz gdyby ze wszystkich stron palca było ciśnienie, równające się sile uderzenia młotka, wtenczas części jego nie mogłyby się usuwać ani naprzód ani w tył, ani na prawo ani na lewo, a więc nie byłoby żadnego zmiażdżenia. Palec mógłby być zmiażdżony jedynie w części, którą przystaje do reszty ciała, gdyż tam młotek nie napotkałby należytego oporu. Ale jeżeliby dane ciało było ściśnięte ze wszystkich stron z taką samą siłą z jaką uciska młot, to nie mogłoby ono być zmiażdżonem z żadnej strony.

Mówię tu naturalnie o ciele nie zawierającem gazów powietrza, które napełnia nasze płuca i które jak wiecie, ścieśnia się z łatwością. To też człowiek byłby napewno zmiażdżony, gdyby

---

Dlaczego ryba nie jest zmiażdżona ciężarem wody? Co wiesz o ciśnieniu powietrza? Jak wielkie ciśnienie wywiera na nas powietrze?

go pogrążyć na 1000 metr. pod wodę — nie mówiąc już o utopieniu.

Zrozumieliście już teraz, dlaczego ryba nie jest zmiażdżona ciężarem wody cisnącym na jej ciało. Ciężar ten czyli ciśnienie działa jednakowo na wszystkie części jej ciała, niema więc najmniejszej racji, aby którakolwiek z tych części ugięła się pod ciężarem i została zmiażdżona.

CIŚNIENIE POWIETRZA.

Ciśnienie atmosferyczne. Czy wiecie, dlaczego opowiadałem wam tak wiele o rybie, zanurzonej w głębiach morza? Oto dlatego, że my sami znajdujemy się w podobnem położeniu, i ciało nasze jest ze wszystkich stron uciskane przez ogromny ciężar otaczającego nas powietrza, a jednak nie ulega zmiażdżeniu, tak samo jak nie ulega mu ciało ryby. Różnica jest tylko ta, że na nasze ciało ciśnienie wywiera nie woda, ale powietrze.

Powietrze uciska nas tak samo, jak woda uciska ryby. A ciśnienie to, którego nie domyślacie się wcale, biegając lekko i swobodnie, wynosi dla was, dzieci, około 1000 kilogramów.

Zrobimy doświadczenie bardzo proste, które da nam dowód ciśnienia atmosfery.

Biorę karafkę (fig. 54) i jajko ugotowane na twardo i starannie obrane ze skorupki. Kładę jajko na szyjkę karafki, widzicie, że przystaje ono dobrze do brzegów otworu karafki. — Zabawne doświadczenie, mówi Janek? Patrz tylko i słuchaj.

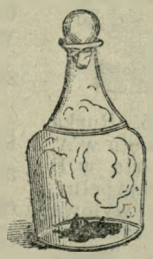


Fig. 54. Powietrze rozszerzyło się wskutek ciepła spalonego papieru. Po nałożeniu jajka wytworzyła się częściowa próżnia, w którą ciśnienie atmosferyczne wgniata jajko.

Zdejmuję jajko i rzucam na dno karafki kawałek zapalonego papieru. W chwili, gdy papier ma zagasnąć, kładę jajko na szyjce karafki. Zaczekajcie chwileczkę, a teraz patrzcie uważnie: jajko wsuwa się powoli do szyjki i naraz pada z hałasem na dno karafki... Cóż go tam wepchnęło? Powietrze, ciężar powietrza.

Ale jak się to stało, macie już dosyć wiadomości z fizyki na to, byście to dobrze zrozumieli.

Dlaczego jajko wsuwa się do butelki, z której wyciągnięto część powietrza?

Oto papier, paląc się, rozgrzał powietrze, zawierające się w karafce. Powietrze nagrzane rozszerzyło się i duża część jego, połowa może, nie mogąc pomieścić się w karafce, wyszła na zewnątrz. W tej właśnie chwili położyłem jajko na szyjce karafki i zatkałem ją w ten sposób bardzo szczelnie. I cóż dalej? Oto po upływie pewnego czasu, powietrze w karafce oziębiło się, skurczyło się, a objętość jego stała się o połowę mniejszą. Tym sposobem nie mogło ono stawić należytego oporu ciśnieniu powietrza zewnętrznego i jajko wydłużające się dość łatwo, uległo ciśnieniu ciężaru i wpadło do karafki.

Fig. 55. Rurka zamknięta w A, a otwarta w B pozostaje pełna, woda wylewa się do szklanki. Wynik byłby ten sam, gdyby rurka nasza miała wysokości 10 m. 33.

Mierzenie ciężaru powietrza. A teraz wezmę rurkę szklaną, mającą mniej więcej metr długości (fig. 55). Jeden jej koniec A jest szczelnie zakorkowany i zalakowany. Rurkę te napełniam wodą i zatkawszy palcem otwór B obracam ją korkiem ku górze i zanurzam w szklance z wodą. Teraz odejmuję palec — patrzcie, rurka pozostaje pełna. Woda nie opada do szklanki, ale jest jak gdyby zawieszona w rurce, na wysokości 1 metra.

Co podtrzymuje ją w ten sposób? Powietrze, które ciśnie na powierzchnię wody C w szklance, a więc i na dolną powierzchnię B słupa wody w rurce. Na górną powierzchnię A powietrze nie może cisnąć, gdyż przeszkadza temu korek. Jeżeli jednak wyjmę korek to woda z rurki natychmiast opadnie do szklanki.

Gdyby rurka nasza miała wysokości 2, 4, 6, 8, 10 metrów, wynik byłby zupełnie taki sam. Ale jeżeli rurka nasza byłaby dłuższa, naprzykład miałaby 12 metrów, to zobaczylibyście, że część wody z niej opadłaby do szklanki; poczem woda zatrzymałaby się na 10,33 m. nad poziomem wody w szklance. Znaczy to, rzecz jasna, że ciśnienie powietrza, albo, jak mówią fizycy, ciśnienie barometryczne, może równoważyć ciśnieniu słupa wody, wysokiego na 10,33 m.

Doświadczenie z rurką 12 metrową byłoby dość niewygodne i trudne i wątpię, czy mogłoby być stosowane w szkołach.

W szklance z wodą umieszczam otwór dolny rurki napełnionej wodą, dlaczego woda nie wylewa się? Coby się stało, gdybym wziął rurkę wysokości 12 metrów? Jaki z tego wyprowadzamy wniosek?

Nie zależy mi na tem tak wiele, ponieważ mamy środki łatwiejszego dojścia do celu.

Barometr. Zamiast wody mogę do doświadczeń tych użyć **rtęci**, której gęstość równa się 13,6. Rozumiecie przeto, że słup rtęci, wysoki na 1 metr, przedstawia taki sam ciężar, jak słup wody o tejże średnicy, ale mający 13,6 m. wysokości. A zatem, aby otrzymać ciężar równający się ciężarowi słupa wody wysokiego na 10,33 m., mogę wziąć po prostu słup rtęci, mający $\frac{10,33}{13,6} = 0,76$ m.

Rurką takiej długości łatwo można się posługiwać, możemy więc pozwolić sobie na sprawdzenie tego obliczenia. Biorę rurkę szklaną, której tylko co używałem, zakorkowuję ją, albo jeszcze lepiej nagrzewam jej koniec C (fig. 56), dopóki szkło się nie roztopi i nie spoi otworu: będzie to pewniejsze, niż gdybym ją zatkał korkiem.

Oto rurka już gotowa i wystudzona; napełniam ją rtęcią, zamykam dolny otwór palcem, obracam i wstawim w małą szklaneczkę B, w której również znajduje się rtęć.

Widzicie, że po odjęciu palca część rtęci z rurki wylewa się i słup jej zatrzymuje się w punkcie A, na pewnej określonej wysokości. Trzymaj rurkę prosto, Julku, a ja tymczasem biorę metr i mierzę, na jakiej wysokości stanęła rtęć w rurce nad poziomem rtęci w szklance. Zatrzymała się ona na wysokości **76 centymetrów**. Widzicie zatem, że obliczenia nasze były dobre.

Fig. 56. Ciśnienie powietrza utrzymuje w rurce słup rtęci AB na wysokści 76 cent.

Rurka ta, napełniona rtęcią, nazywa się **barometrem**, od słów greckich: baros — ciężar i metron — miara.

Związek pomiędzy wysokością słupa rtęci w barometrze i wyniosłością miejsca.

Jeżelibyśmy doświadczenie to robili nie tutaj, t. j. w miejscowości bardzo mało wzniesionej nad poziom morza, ale gdziekolwiek na wysokiej górze, to przekonalibyśmy się że słup rtęci

---

Zastępuję wodę rtęcią, — jak wysoki słup rtęci utrzyma ciśnienie powietrza? Jak się nazywa taki przyrząd?

nie byłby tak wysoki. Na wierzchołku Mont-Blanc (4810 metrów) słup rtęci wynosiłby tylko 0 m. 42. Balon, w którym dwaj Francuzi Sivel i Crocé-Spineli w r. 1875 znaleźli śmierć przez udeszenie, wzniósł się do wysokości 8600 metrów; na wysokości tej rtęć opadła do 26 centymetrów.

Jest to rzecz bardzo naturalna, gdyż im więcej wznosimy się w górę, tem mniejszą warstwę powietrza mamy nad sobą. Rozumiecie również, że im ciężar powietrza jest mniejszy, tem mniejszą warstwę rtęci może on podtrzymać swem ciśnieniem.

Widzicie więc, że wysokość barometru nie wszędzie jest jednakowa. Prócz tego w jednej i tej samej miejscowości barometr może podnosić się i opadać, zależy to od rozmaitych okoliczności, a głównie od pogody.

Wielkość ciśnienia atmosferycznego. Biorąc tedy za miarę średnią wysokość 76 centym. rtęci lub 10,33 m. wody, dochodzimy do wniosku, że każdy centymetr kwadratowy powierzchni ziemi jest ugniatany z siłą 10,33 kg. Ciśnienie takie nazywa się ciśnieniem **jednej atmosfery**.

Sprobójmy teraz na zasadzie tej wiadomości objaśnić nasze doświadczenie z jajkiem. Ciepło wypędziło mniej więcej połowę powietrza wewnętrznego karafki, czyli, że po wystygnięciu jajko było podtrzymywane z pod spodu przez ciśnienie połowy atmosfery, gdy tymczasem z wierzchu cisnęła nań cała atmosfera. Połowa atmosfery wynosi 500 gramów na centymetr kwadratowy powierzchni szyjki karafki: jest to więcej, niż potrzeba, by jajko opadło na dno.

Obliczono, że powierzchnia ciała dziesięcioletniego dziecka ma około 1 metra kwadratowego czyli 10,000 centym. kwadrat. powierzchni; podlega więc ona ciśnieniu, wynoszącemu 10330 kilogr. Ciśnienia tego nie odczuwacie dla tej samej przyczyny, dla jakiej ryba nie czuje ciśnienia wody. Przez jamę ust powietrze atmosferyczne wchodzi i do płuc, a więc i klatka piersiowa nie może uledz zgnieceniu. Na wierzchołku Mont-Blanc ciśnienie wynosi tylko 0,57 kg. na centymetr kwadratowy, ale wszystko równoważy się tak, że nie odczuwamy najmniejszej różnicy. Osłabienie jakiemu podlegają podróżni na wielkich wysokościach, ma inne powody, o których powiem wam nieco później.

Coby się stało, gdybym robił barometr na wysokości gór? Objaśnij mi, dlaczego rtęć wówczas opada?

Sądzę, że rozumiecie teraz, co to jest ciężar, gęstość i ciśnienie. Wiecie również, jak trzeba je mierzyć, wiecie, co to są wagi i co to jest barometr. Są to wiadomości nadzwyczaj ważne i, jeżeliście pojęli je dobrze, jestem pewien, że wiele rzeczy zawiłych wyda się wam prostemi i łatwemi.

Balony. Pokazywałem wam, dzieci, kiedyśmy zaczęli mówić o ciężarze, że wszystkie ciała, jeżeli przestaniemy je podtrzymywać, spadają na ziemię. Myślałem, iż który z was powie, iż się mylę, ale nikt mi nie przerwał. Jeżelibyście jednak dobrze poszukali, to przyszłyby wam może na myśl baloniki (fig. 57), które musieliście nieraz pewnie zatrzymywać z pomocą sznurka, aby nie uciekły ku górze. Słyszeliście też pewnie o dużych balonach (fig. 58), które wznoszą pod obłoki kilku lub kilkunastu ludzi. Myślicie pewnie, że ciała te stanowią wyjątek z ogólnego prawidła? Nie, dzieci, nie są to żadne wyjątki.

Czyż oprócz tych nie znacie jeszcze jakich innych ciał, które wznosiłyby się w górę, zamiast spadać na dół? Nie? Chodź no tutaj, Piotrusiu, weź ten korek, zanurz rękę w kubełku napełnionym wodą i puść ten korek, skoro ręka twa dosięgnie dna (fig. 59).

— O proszę pana, nie warto tego robić, wiem napewno, że korek wypłynie na

Fig. 57. Te małe baloniki są napełnione gazem, lżejszym od powietrza (wodorem).

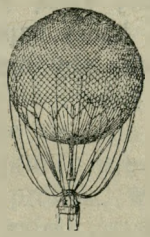


Fig. 58. Wielkie balony napełniają gazem oświetlającym.

Fig. 59. Korek, puszczony w wodzie, wznosi się ku górze.

wierzch. — A dlaczegóż nie mówiłeś tego przed chwilą? Tak, korek wypłynie na wierzch, ale dlaczego?

— Powiedz mi, co ma większą gęstość, korek czy woda?— Korek jest mniej gęsty, ponieważ wypływa na wierzch. — Nie spiesz

---

Dlaczego balon może wznosić się w powietrzu?

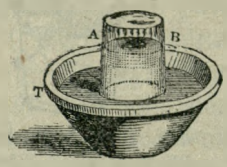
się tak, mój chłopcze! Tak, korek jest mniej gęsty, jest on lżejszy od takiej samej objętości wody — to znaczy, że pada on z mniejszą siłą, aniżeli taka sama objętość wody. Dlatego, jeżeli puścimy korek w sam środek wody, woda znajdująca się tuż ponad nim, spada na dół z większą siłą niż korek, i, naturalnie, poruszy go z miejsca, wypychając ku górze. A popychanie to trwa dopóty, dopóki korek nie wypłynie na powierzchnię.

Zróbmy jeszcze to doświadczenie z małą zmianą tylko. Przed zanurzeniem korka w wodę wsadzam weń duży gwóźdź: widzicie, że korek wypływa na wierzch, pociągając za sobą gwóźdź. Ale jeżeli włożę dwa gwoździe, to korek nietylko nie wypłynie na wierzch, lecz przeciwnie pogrąży się na dno.

Otóż zupełnie tak samo mają się rzeczy z balonami. Balon jest rodzajem worka, zawierającego gaz mniej gęsty, niż powietrze. Czasem napełniają balony powietrzem ogrzanem, czasem znów gazem oświetlającym. Balon wznosi się w powietrzu, zupełnie tak samo, jak korek w wodzie, i jak korek pociągał za sobą wetknięty weń gwóźdź, tak samo i balon unosi z sobą łódkę wraz z ludźmi.

Nieprawdaż że to jest bardzo proste, ale czy wiecie, dlaczego zrozumieliście to tak łatwo? Oto dlatego, że wiecie już teraz, co to jest gęstość ciał.

Zastosowanie ciśnienia atmosferycznego. Pokażę wam kilka doświadczeń, opartych na działaniu ciśnienia atmosfery. Do miseczki T (fig. 60) napełnionej wodą wpuszczam korek, na korku tym kładę kawałek papieru, który zapalam. Potem wszystko to zakrywam pustą szklanką tak, aby brzegi jej zanurzyły się trochę



Fig, 60. Palący się papier wytworzył próżnię w szklance. W tę opróżnioną część szklanki ciśnienie atmosferyczne wpycha wodę, która podnosi się do AB.

Fig. 61. Woda, wypełniająca szklankę, jest podtrzymywana przez ciśnienie powietrza, wywierane na wodę w misce.

w wodzie. Widzicie, że pęcherzyki gazu wysuwają się z pod brzegów szklanki i że papier gaśnie. Potem woda zaczyna pod-

---

Co wpycha wodę do szklanki, z której wyszła część powietrza?

nosić się w szklance aż do AB, napełniając prawie całą szklankę. Czy mógłbyś mi to wytłomaczyć, Pawełku? — Tak, panie. — No to sprobuj. — Papier, paląc się, ogrzał powietrze w szklance, wywołując tym sposobem rozszerzenie się powietrza, które, nie mogąc pomieścić się w szklance, wyszło z niej w postaci pęcherzyków. Po oziębieniu powietrze skurczyło się, zajęło mniejszą objętość, wówczas woda wypełniła pustkę, powstałą po wyjściu części powietrza. — Dobrze, ale co wzniosło wodę do góry? — Powietrze, ciśnienie atmosfery, która ugniata powierzchnię wody w misce, wtłaczając tym sposobem wodę do szklanki.

Uważajcie no teraz, dzieci. Nachylam szklankę w ten sposób, aby ją woda wypełniła całkowicie i podnoszę ją (fig. 61). Widzicie, że woda z niej nie wypływa. A dlaczego? — O proszę pana, czy to nie będzie coś w rodzaju barometru? — Doskonała odpowiedź, chłopcze!

Bańki. Biorę jeszcze raz tę samą szklankę, przekręcam ją do góry dnem i zapalam wewnątrz kawałek papieru i stawiam ją sobie na ręku tak, aby otwór przylegał szczelnie do skóry (fig. 62). Widzicie, że papier gaśnie, i wkrótce potem skóra mej ręki jest wciągana wewnątrz i napełnia sobą część szklanki. Szklanka trzyma się mocno skóry tak, że nie łatwo ją teraz oderwać.

Muszę odchylić ją z jednego boku, wtedy odpadnie sama, jak tylko dostanie się do niej powietrze.

Fig. 62. Palący się papier wytworzył w szklance częściową próżnię, w którą ciśnienie powietrza wpycha moją skórę.

Widzicie, że mamy tutaj do czynienia z takiem samem zjawiskiem; jak przy doświadczeniu z jajkiem i z wodą.

Powietrze, nagrzewając się, opuściło szklankę, następnie, wskutek oziębienia, powstała częściowa próżnia, wówczas skóra, pod działaniem ciśnienia atmosferycznego, zajęła puste miejsce szklanki. Wiecie zapewne, że kuleczki szklane, stawiane na ciele, mają zastosowanie w medycynie pod nazwą baniek.

Pipetka. Widzieliście pewnie nieraz pipetkę. Jest to przyrząd składający się z rurki cynkowej, zakończonej z obu stron otworami (fig. 63). Pogrążam ją w wodę, która, jak widzicie, napełnia momentalnie rurkę; następnie zatykam palcem otwór gór-

---

Co wtłacza skórę do bańki przystawionej do jej powierzchni? Dlaczego woda nie wylewa się z pipetki, której otwór górny zatykam palcem?

ny A, i wydostaję pipetkę. Jest ona pełna wody; dlaczegoż ta woda nie wylewa się przez otwór dolny? Czy możesz mi to wytłomaczyć, Janku? — Dlatego, że ciśnienie powietrza podtrzymuje wodę tak, jak podtrzymywało ją w szklance i w barometrze. — Doskonale, dziecko.

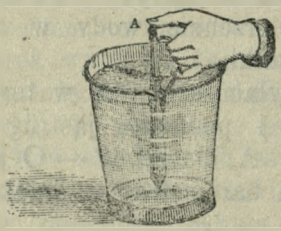


Fig. 63. Zatykam otwór A i wydostaję pipetkę pełną wody. Woda z niej nie opada, gdyż jest podtrzymywana ciśnieniem powietrza.

Fig. 64. Woda z miski pod wpływem ciśnienia powietrza wznosi się do wnętrza szprycki.

Pompy. Oto mała szprycka do uszu wypełniona wodą. Umieszczam ją pionowo nad miską i wypuszczam z niej wodę, naciskając na mały tłoczek (fig. 64). Cóż się dzieje, Janku? — Woda wznosi się w szprycce. — A dlaczego? — Dlatego, że tłok zatyka szczelnie szpryckę u góry i powietrze, cisnąc na powierzchnię wody w misce, wtłacza wodę do szprycki. Ta mała szprycka jest również rodzajem barometru. — Bardzo dobrze. A teraz powiedz mi, jak daleko woda może wznieść się w szprycy? — Aż do samego wierzchołka. — A teraz, gdyby szpryca była bardzo

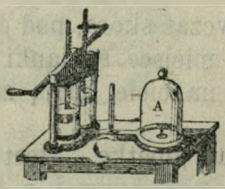


Fig. 65. Maszyny pneumatyczne służą do wyciągania powietrza z naczynia (A)

Fig. 66. Woda w rurce zatrzymuje się na tej samej wysokości (A), na jakiej stoi w beczce.

Dlaczego woda wznosi się w szprycy?

Jaka jest największa możliwa długość szprycy? Do czego służą maszyny pneumatyczne?

długa, miała kilka metrów długości? — Również do samej góry, chyba że byłaby ona dłuższa nad 10,33 m., gdyż wtedy ciśnienie atmosferyczne nie byłoby dość silne, by podtrzymywać tak duży słup wody.

— Doskonale, chłopcze, i trzeba ci wiedzieć, że na tem polega urządzenie pomp. Chociaż budują najrozmaitsze pompy, wszystkie jednak dają się zawsze sprowadzić do zwyczajnej szprycki i tylko z pozoru mogą się wydawać bardzo złożonemi.

Na szczególną uwagę pomiędzy rozmaitemi pompami zasługuje maszyna do wyciągania z naczynia A (fig. 65) już nie wody ale powietrza. Pompa ta nosi nazwę maszyny pneumatycznej i z pomocą jej możemy robić wiele ciekawych doświadczeń. Zanim jednak zakończę fizykę, muszę wam jeszcze powiedzieć słów kilka o poziomie płynów i o fontannach.

Poziom płynów. Powróćmy na chwilę do ogrodu, do naszej beczki, która jest jeszcze do połowy napełniona wodą. Patrzcie, oto do otworu beczki zapomocą rurki kauczukowej przytwierdzam długą rurkę szklaną (fig. 66), otwartą z obu końców. Teraz otwieram kran. Powiedz mi, Piotrusiu, co stanie się z wodą beczki? Woda zacznie wchodzić do rurki szklanej. — Dobrze, a jak wysoko? — Do tej samej wysokości, na jakiej stoi woda w beczce. — Masz słuszność, chłopcze. Oto otwieram kran, woda napełnia rurkę i wkońcu zatrzymuje się w punkcie A, czyli na tej samej wysokości, na jakiej stoi woda w beczce.

Tak więc woda w naczyniach, połączonych z sobą, przyjmuje poziom jednakowy we wszystkich naczyniach. Przytem poziom ten jest zawsze prostopadły do linji pionowej.

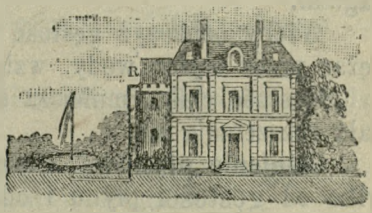


Fig. 67. Fontanna bije prawie do tej samej wysokości, na jakiej znajduje się woda w rezerwoarze.

Fontanna. To dążenie wody do jednego poziomu sprawia, że woda wytryskuje fontanną ze zbiornika (fig. 67), umieszczonego w wieży pałacu pana Jakóba. Nie może ona wznieść się do wysokości zbiornika, dlatego że powietrze stawia jej opór, ale gdybyśmy umieścili rurę piono-

---

Łączymy rurkę szklaną z beczką, w której znajduje się woda, co nastąpi? Jakie znasz zastosowanie prawa równowagi płynów w naczyniach połączonych?

wą tam, gdzie się kończy wytrysk, to przekonalibyśmy się, że woda podniosłaby się do poziomu, na jakim znajduje się ona w zbiorniku, zupełnie tak samo, jakeśmy widzieli w doświadczeniu z beczką.

STRESZCZENIE. — CIĄŻENIE.

Siła ciążenia. Wszystkie ciała, puszczone w powietrze, spadają z jednakową prędkością.

Pozorne różnice są wywołane oporem powietrza.

Ciała spadają tem prędzej, im lecą dłużej.

Ciała spadają zawsze po linji prostej, zwanej **pionową**, która jest prostopadłą do powierzchni wody.

Grundwaga jest to przyrząd, oznaczający ściśle linję pionową.

Ciężarem ciała jest ciśnienie, jakie ono wywiera na podstawę, nie dającą mu upaść.

Gęstość. Gęstością danego ciała jest ciężar pewnej objętości tego ciała w porównaniu do ciężaru takiej samej ilości wody.

Litr wody waży 1 kilogr.; gęstość jej równa się jedności.

Litr rtęci waży 13,6 kil.; gęstość jej jest 13,6.

Decymetr sześcienny żelaza waży 7,8 kil.; gęstość jego jest 7,8.

Decymetr sześcienny drzewa dębowego waży 0,6 kil.; gęstość jego jest 0,6.

Ażeby mierzyć ciężar ciał, używamy przyrządu zwanego wagami.

Ażeby oznaczyć gęstość danego ciała trzeba podzielić jego ciężar przez ciężar wody, wziętej w takiej samej objętości.

Gęstość ciała zmniejsza się przez nagrzewanie, gdy wówczas ciała rozszerzają się.

Ciśnienie płynów. Ciśnienie płynów na dno naczynia zależy tylko od **gęstości** płynu i od **wysokości** jego słupa nad dnem.

Czy rurka będzie wązka, czy też w kształcie lejka, nie wpłynie to zupełnie na ciśnienie płynu.

Ryba, o powierzchni ciała równającej się decymetrowi kwadratowemu, pływając na głębokości 10 metrów pod wodą, podlega ciśnieniu wynoszącemu 100 kilogr. Pomimo to ryba nie zostaje zmiażdżona, dlatego że ciśnienie to działa równomiernie na całą powierzchnię i że ciała stałe i płyny są nieściśliwe, nie mogą zatem być zmiażdżone.

Ciśnienie powietrza. Barometr. Powietrze ciśnie na nas zupełnie tak samo, jak woda ciśnie na ryby.

Ciśnienie powietrza może utrzymać słup wody wysoki na 10,33 m.

Dla ułatwienia zastępujemy wodę rtęcią, której gęstość jest 13,6 razy większa. Wysokość słupa rtęci, jaki może utrzymać ciśnienie atmosfery, wynosi zatem 13,6 razy mniej, czyli 0,76 m. W ten sposób urządzamy barometr.

Wysokość słupa rtęci w barometrze zmniejsza się w miarę podnoszenia barometru na wierzchołki gór lub też przy wznoszeniu się balonem.

Urządzenie pipetek, pomp, syfonów, szprycek jest oparte na ciśnieniu powietrza.

Naczynia połączone. Woda naczyń połączonych przyjmuje zawsze poziom jednakowy.

Dlatego to woda zbiornika umieszczonego wysoko tryska do góry, starając się zająć poziom taki, jaki ma woda w zbiorniku.

TEMATY DO ĆWICZEŃ.

ĆWICZENIE 1-sze. Elektryczność szklana, czyli dodatnia. Elektryczność żywiczna, czyli ujemna. Przyciąganie i odpychanie. — Co rozumiemy przez złe przewodniki.

ĆWICZENIE 2-gie. Własność ostrzy. — Piorunochrony. — Dwa rodzaje błyskawic.

ĆWICZENIE 3-cie. Stosy elektryczne. — Działanie prądu elektrycznego.

ĆWICZENIE 4-te. Przyciąganie żelaza przez magnes. — Busola. — Magnesy naturalne. — Magnesy sztuczne.

ĆWICZENIE 5-te. Ciężar ciał. — Gęstość. — Jak mierzyć ciężar i gęstość ciał.

ĆWICZENIE 6-te. Od czego zależy ciśnienie płynów na dno. — Dowody.

ĆWICZENIE 7-me. Ciśnienie atmosfery. — Jego wielkość w słupie wody, — w słupie rtęci.

ĆWICZENIE 8-me. Zastosowanie prawidła ciśnienia atmo-

sfery: szklanka napełniona wodą i odwrócona dnem do góry w naczyniu z wodą. — Bańki, — pipetka, — pompy.

ĆWICZENIE 9-te. Jednakowy poziom płynu w naczyniach połączonych. — Zastosowania: fontanny, rozprowadzanie wody w miastach.

V. — CHEMJA.

WIADOMOŚCI OGÓLNE.

Różnice pomiędzy zjawiskami fizycznemi i chemicznemi.

Spodziewam się, żeście zrozumieli i zapamiętali na czem polega zjawisko chemiczne, a na czem fizyczne. W zjawiskach fizycznych możemy zawsze odnaleźć ciało, z którem robiliśmy doświadczenie, takiem, jakiem ono było przedtem. Tak np. ciało nagrzane po pewnym przeciągu czasu stygnie; naelektryzowane— traci swą elektryczność; wprawione w ruch, w drgania — przechodzi w stan spokoju; stopione — krzepnie; rozpuszczone — staje się ciałem stałem, po odparowaniu. W chemji rzecz się ma zupełnie inaczej: tam nie możemy już nigdy odnaleźć ciała w stanie poprzednim; staje się ono innem, nowem ciałem, niepodobnem zgoła do dawnego.

Fig. 1. Siarka, którą spalamy, łączy się z tlenem powietrza i tworzy nowe ciało: zjawisko chemiczne.

Patrzcie, oto mam tu trochę siarki, zeskrobanej z zapałek; widzicie, że jest to ciało stałe, żółte i nie mające żadnego zapachu. Zapalam je (fig. 1): widzicie, że płonie i zupełnie niknie. Zbliżcie się, a poczujecie ostry, nieprzyjemny zapach, pobudzający do kaszlu. Zapach ten powstał wskutek wydzielającego się gazu. Siarka jest w tym niewidzialnym, nieprzyjemnym gazie; czyż które z was odgadłoby, że ona tam istnieje?

Jaka jest cecha charakterystyczna zjawisk fizycznych? A chemicznych? Co dzieje się, kiedy palimy kawałek siarki?

Siarka znajduje się w tym gazie, ale jest tam jeszcze i coś innego, siarka jest w nim **połączona** z innem ciałem, które poznamy za chwilę. Skutkiem tego połączenia powstaje ów nieprzyjemny gaz.

Otóż to jest właściwa różnica, jaka zachodzi między fizyką a chemją. W fizyce rozpatrujemy jedno ciało; gdy tymczasem w chemji mamy ich jednocześnie kilka.

Biorę drugi kawałek siarki, kładę go na ostrzu starego noża i nagrzewam ostrożnie nad świecą tak, aby siarka nie zajęła się płomieniem. Widzicie, że siarka topi się, zmienia się w płyn, ale nie przestaje być siarką. Nagrzewam ją jeszcze, ciepło powiększa się, mała kropla siarki zmniejsza się bardzo, za chwilę zniknie zupełnie. Siarka paruje, przemienia się w gaz, ale pozostaje zawsze czystą siarką. Mogę się o tem przekonać, umieszczając nad nożem zimny talerz (fig. 2), na którym osiada żółty pył, będący siarką w stanie czystym i znany pod nazwą kwiatu siarczanego: całe to zjawisko polega na przedystylowaniu siarki, podobnem do dystylowania wody.

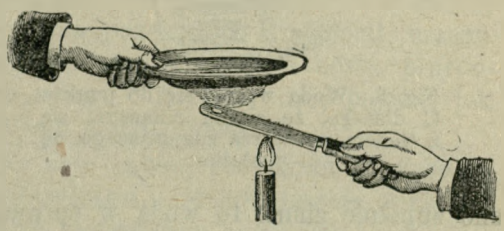


Fig. 2. Ulatniająca się siarka pozostaje niezmieniona: zjawisko fizyczne.

Ale postać rzeczy zmieni się zupełnie, jeżeli siarka zajmie się płomieniem. Gaz wytworzony wówczas **nie jest już siarką czystą**, nie osiądzie on w postaci pyłków żółtych na zimnym talerzu. Jeżeli umieszczę ponad płomieniem w wytwarzającym się gazie te skrawki różowe i niebieskie, to staną się one białe; wystawione na działanie pary siarczanej nie zmienią one koloru. Podczas parowania siarki nie czuliście najmniejszego zapachu, teraz gaz ten gryzie was w oczy, gardło i nos.

Ciała złożone. Z tego wszystkiego wnosimy, że gaz ten nie jest czystą parą siarki. Jest to siarka w połączeniu z zimnem ciałem. Ciało to znajdowało się w powietrzu, gdyż inaczej siarka nie mogłaby przejść w ów bezbarwny, mocno wonny gaz. Po-

---

Czy gaz powstały zawiera tylko siarkę? Jak nazwiesz to zjawisko: chemicznem czy fizycznem? Co stanie się, jeżeli rozpuścimy ostrożnie siarkę? Jak dowieść, że para ta jest czystą siarką? Czy jest to zjawisko fizyczne czy chemiczne?

wiedziałem wam, że siarka czerpie to ciało z powietrza, i zaraz wam tego dowiodę. Kładę kilka łebków od zapałek na kawałku drzewa, pływającego w naczyniu z wodą, zapalam je i nakrywam to wszystko słoikiem od konfitur albo epruwetką (fig. 3), którą wtłaczam głęboko w wodę. Zauważcie, że poziom wody znajduje się w punkcie A i patrzcie dobrze, gdyż prawie w tejże chwili skutkiem nagrzania poziom opada aż do B. Teraz widzicie — zapałki zgasły, powietrze w epruwetce ochładza się i kiedy będzie

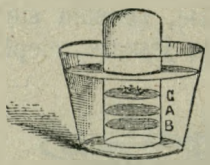


Fig. 3. Woda wznosi się do punktu C dlatego, że siarka połączyła się z tlenem powietrza znajdującego się w słoiku.

Fig. 4. Gaz, który się wydziela, znajdował się w kawałku kredy.

ono zupełnie zimne to woda w epruwetce podniesie się aż do C, znacznie wyżej od poziomu, jaki zajmowała pierwotnie (A), Dowodzi to, że siarka paląc się zabrała pewną część z powietrza, aby wytworzyć ów gaz gryzący.

Gaz ten jest więc **ciałem złożonem**, składającem się z siarki i z jednej z części składowych powietrza. Gaz ten chemicy nazywają anhydrytem siarkowym, albo kwasem siarkowym.

Ciało, które otrzymywaliśmy na jednej z pierwszych lekcji fizyki, rozpuszczając żelazo w kwasie siarczanym, jest także **ciałem złożonem**, noszącem nazwę siarczanu żelaza.

Nie myślcie jednak, że wszystkie ciała złożone są otrzymywane za pomocą sztucznych sposobów. Przeciwnie, prawie wszystkie ciała, otaczające was w przyrodzie, są ciałami **złożonemi**.

Powtórzmy jeszcze doświadczenie, które już robiliśmy rozpatrując kamienie. Rzucam kawałek kredy do szklanki napełnionej octem lub, lepiej jeszcze, wodą z paru kroplami kwasu siarczanego (fig. 4). Widzicie, że z kredy wydzielają się banieczki gazu i wznoszą się ku górze; gaz ten istniał w kredzie, znajdował się on tam w połączeniu z innem ciałem.

Co się stało, kiedy siarka paliła się pod słoikiem?

Czy gaz ten jest ciałem prostem? Jak nazywają go chemicy? Z czego składa się siarczan żelaza? Dowiedź, że kreda jest ciałem złożonem? Jak nazywają się ciała, których nie możemy rozłożyć chemicznie?

Mamy więc ciała złożone naturalne i ciała złożone sztuczne. Chcecie może teraz wiedzieć, czy istnieją ciała niezłożone?

Ciała takie istnieją, ale kto wie, czy zdołamy kiedyś rozłożyć chemicznie ciała, które dzisiaj uważamy za niezłożone. Ciała takie nazywamy **ciałami prostemi**, albo **pierwiastkami**.

Siarka jest **ciałem prostem**, żelazo także. Pamiętajcie jednak, że ciało proste oznacza ciało, którego **nie możemy** rozłożyć na jego części składowe.

Tak więc z jednej strony rozkładać ciała złożone na pierwiastki, z drugiej łączyć ciała proste, by z nich otrzymać ciała złożone — oto jakie jest podwójne zadanie chemików.

Rozkładając chemicznie ciała poznajemy istotę ciał otaczających; **łącząc** z sobą pierwiastki tworzymy ciała nowe, przynoszące nam często nieobliczone usługi. To wam daje pojęcie, jak ważną, pożyteczną i ciekawą jest nauka chemji.

Ciała proste. Mówiłem wam zatem, że siarka i żelazo są ciałami prostemi, czyli **pierwiastkami**. Mamy jeszcze wiele innych pierwiastków, naliczono ich dotychczas około 70.

Niektóre pierwiastki są **ciałami stałemi** — i takich jest najwięcej. Złoto, srebro, żelazo, miedź, cynk i wogóle metale są pierwiastkami. Oprócz metali do pierwiastków zaliczamy jeszcze siarkę, węgiel, fosfor i arsen.

Dwa tylko **płyny** należą do pierwiastków. Jeden z nich znacie już dobrze, jest to rtęć, która jest metalem.

Są cztery pierwiastki **gazowe**; nie wyliczam ich teraz, gdyż jeszcze ich nie znacie.

— Dziwi cię to, Piotrusiu?

— Tak, panie, bo wszyscy dobrze znamy powietrze, które jest gazem, przytem słyszałem, że nazywają je jednym z czterech żywiołów; musi to być ciało proste. — Ach tak, więc woda jest również ciałem prostem, według ciebie? — Tak. — A ziemia także? O! nie, wiemy, że ziemia jest bardzo złożona. — Otóż dowiedz się, moje dziecko, że ani powietrze, ani woda nie są pierwiastkami. Powietrze jest mieszaniną dwóch pierwiastków, woda jest połączeniem czyli związkiem chemicznym dwóch ciał prostych.

Wylicz ciała proste? Ile znamy ich dotychczas? Wylicz mi pierwiastki, nie będące metalami? Ile jest ciał prostych pomiędzy płynami? A między gazami?

Różnice pomiędzy mieszaniną a związkiem chemicznym.

— A jaka jest różnica pomiędzy mieszaniną a związkiem? — Zaraz ci to wytłomaczę; uważaj zatem:

Oto mam tu bardzo drobne opiłki żelaza i kwiat siarczany; mieszam oba te proszki starannie tak, aby trudno było odróżnić jeden od drugiego. Jednak są one prostą mieszaniną a nie związkiem, dowodem czego, że można je rozdzielić bardzo łatwo. Wystarczy mi tylko dmuchnąć z lekka (fig. 5) na oba te proszki, a siarka jako lżejsza uleci w powietrze, żelazo zostanie. Mogę również, wziąwszy magnes, zbliżyć go do proszku (fig. 6), widzicie, że przyciąga on opiłki żelaza, pozostawiając siarkę. Jest to więc zwyczajna mieszanina, a doświadczenie nasze było fizycznem.

Fig. 5. Dmuchając ostrożnie możemy oddzielić siarkę od żelaza: mieszanina.

Fig. 6. Magnes wyciąga wszystkie opiłki żelaza: mieszanina.

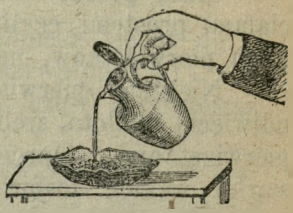


Fig. 7. Siarka z żelazem wytworzyły nowe ciało: związek.

A teraz umieśćmy naszą mieszaninę na wielkiej skorupce i oblejmy ją niewielką ilością wody gorącej (fig. 7). Widzicie, że po kilku minutach rozpoczyna się ruch w całej masie, która burzy się i czernieje. Nie jest ona już podobna teraz ani do żelaza ani do siarki, magnes nie działa na nią wcale. Teraz siarka i żelazo są nietylko zmieszane, ale połączyły się chemicznie, tworząc nowe ciało, zwane siarkiem żelaza. Zjawisko to jest zjawiskiem chemicznem.

Jest jeszcze jedna wielka różnica między mieszaniną a związkiem, a mianowicie:

Co to jest powietrze? Co to jest woda? Mieszając opiłki żelaza z siarką, otrzymujemy związek czy mieszaninę? Dowiedź mi tego.

Tworząc, naprzykład, mieszaninę żelaza z siarką mogę je brać w ilościach dowolnych. Mogę dorzucić do żelaza jedną, dwie trzy szczypty siarki, mogę dorzucić dziesięć i piętnaście. Powstanie tylko mieszanina o mniejszej lub większej zawartości żelaza. W związkach chemicznych jest to niemożliwe. Chcąc otrzymać związek siarki z żelazem użyłem 4 gramy siarki i 7 gramów żelaza; wskutek czego otrzymałem 11 gramów siarku żelaza. Nie ma w tem nic dziwnego. Ale jeżelibym wziął 5 gr. siarki i 7 gramów żelaza, to tak samo, jak w pierwszym razie, otrzymałbym tylko 11 gramów związku, a 1 gram siarki nie zostałby zużyty i zostałby siarką niezmienioną. Podobnież, gdybym wziął 8 gramów żelaza, to otrzymałbym również 11 gramów siarku żelaza, a 1 gram żelaza nie wszedłby w połączenie.

Tak więc związki różnią się tem, że mają zawsze jednakowy, określony ściśle skład, proporcje ich nie mogą być dowolne lub przypadkowe, jak to widzimy w mieszaninach. Tak naprzykład, co się tyczy siarku żelaza, to zawsze na każde 4 części siarki znajdujemy w nim 7 części żelaza. Jest to, jak mówią chemicy, proporcja stała i określona.

Przekonam się teraz, czyście to dobrze zrozumiały.

Oto szklanka, do której nalewam trochę wina i trochę wody. Powiedz mi, Piotrusiu, czy to będzie mieszanina czy związek? — Mieszanina, ponieważ by ją zrobić mogę wziąć dowolną ilość wina i wody. — Dobrze, czyli, inaczej mówiąc, proporcja będzie nieokreślona. Cóż to, Pawełku, czy nie zgadzasz się z nami? — Bo nie możemy oddzielić wina od wody, tak jak pan oddzielał opiłki żelaza od proszku siarki. Mnie się zdaje, że jest to związek, a nie mieszanina. Nie, dziecko, bo w każdym związku ciała składające tracą swe własności, a ciało powstałe z nich nabiera nowych własności. Porównaj tylko żelazo i siarkę z ich związkiem, z siarkiem żelaza. A w tej tu szklance, czy bardzo trudno odnaleźć wino i wodę? Czy płyn ten ma własności, jakich nie posiada ani wino, ani woda? Nie, prawda? Jest to więc mieszanina a nie związek?

Teraz postaram się dowieść wam, że powietrze jest mieszaniną dwóch gazów: tlenu i azotu i że woda jest związkiem czyli połączeniem dwóch gazów wodoru i tlenu.

Co stanie się, jeżeli doleję trochę wody letniej do mieszaniny siarki z żelazem? Czy jest to mieszanina czy związek? Czem się różni mieszanina od związku? Daj tego przykład.

SKŁAD WODY.

Zacznijmy od wody. Czyż to nie dziwne, że ten ładny, przezroczysty, jednolity płyn jest połączeniem dwóch ciał, i że ciała te są gazami? A jednak tak jest.

Analiza za pomocą prądu. Przypominacie sobie nasz stos elektryczny, sporządzony z dziesiątek, z krążków cynku i sukna, umoczonych w occie. Przygotowałem tutaj kilka takich stosów i połączyłem je tak, aby działały wspólnie (fig. 8). Pogrążam teraz dwa bieguny A i B w tej dużej szklance napełnionej wodą słoną, gdyż woda słona łatwiej przeprowadza elektryczność.

Czy widzicie, że zaraz po kilku chwilach przy każdym z biegunów wytwarzają się pęcherzyki gazu, które powoli wznoszą się ku górze. Zauważcie przytem, że pęcherzyków tych jest znacznie więcej przy jednym biegunie, niż przy drugim. Jeden z tych gazów jest tlenem, drugi wodorem; wodoru wydziela się więcej niż tlenu.

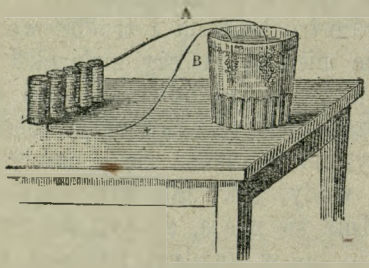


Fig. 8. Gazy, które wznoszą się ku górze, są to tlen i wodór.

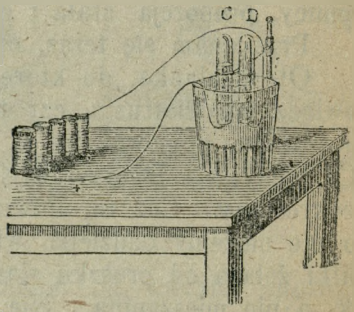


Fig. 9. W rurce D tworzą się dwie objętości wodoru; w rurce C — jedna objętość tlenu.

Postarajmy się zebrać trochę tych gazów. Biorę dwie małe rurki szklane C i D (fig. 9), zatkane z jednej strony, napełniam je wodą i nakrywam niemi oba bieguny. Banieczki gazu wchodzą do każdej z nich, przyczem do rurki D, która napełnia się

Woda pomieszana z winem jest mieszaniną, czy związkiem? Dowiedź tego. Z jakich gazów składa się powietrze?

Jakie dwa gazy stanowią związek wody? Co stanie się, jeżeli pogrążę w wodzie lekko słonej bieguny stosu elektrycznego? Jak się nazywają te dwa gazy? W jakiej proporcji znajduje się w wodzie wodór i tlen?

wodorem, wchodzi daleko więcej gazu, niż do rurki C, napełniającej się tlenem. Możemy zauważyć, zresztą jest to rzecz dowiedziona, że wytwarza się dwa razy więcej wodoru, niż tlenu — czyli, ściślej mówiąc, dwie objętości wodoru i jedna objętość tlenu.

Gazy te są produktami rozkładu. Jeżeliby stos nasz był większy, silniejszy, to moglibyśmy rozłożyć wszystką wodę szklanki, otrzymalibyśmy wówczas dużo, dużo gazu! Wiadomem jest bowiem, że każdy centymetr sześcienny wody daje 1,24 litr. wodoru i 0,62 litr. tlenu.

Wodór. My. tu sobie rozmawiamy, a rureczki nasze tymczasem napełniają się gazem, szczególniej zaś rurka, w której mieści się wodór. Zatkawszy ją poprzednio palcem, wyjmuję z wody i trzymam odwróconą otworem na dół. Henryku, zapal zapałkę. Dobrze; patrzcież teraz uważnie. Albo nie, przejdziemy lepiej do ciemnego pokoju (fig. 10). A teraz zbliżam zapałkę do otworu rurki i usuwam palec. Paf! Wszak słyszeliście lekki trzask i widzieliście ładny, niebieski płomień tak słaby, że z trudnością moglibyśmy zauważyć go w pokoju widnym.

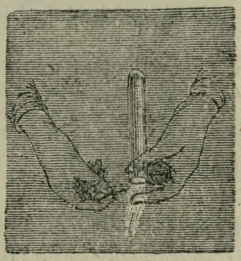


Fig. 10. Paf! słychać lekki trzask i widać płomień niebieskawy. Wodór jest gazem palnym i wybuchającym.

Widzicie więc, że wodór jest gazem wybuchającym. Jeżelibyśmy zamiast tej rurki, mieli tu dużą bańkę wodoru, to moglibyśmy wywołać wybuch bardzo niebezpieczny. Szczęście, że wodór nie wchodzi w skład powietrza, gdyż inaczej nie moglibyśmy zapalać ognia bez wywołania wybuchów.

Podobne wypadki zdarzają się bardzo często w kopalniach węgla kamiennego, w których wydziela się gaz spokrewniony z wodorem. Nierozważne zapalanie fajek, papierosów powoduje często straszne wybuchy (fig. 11).

Jest jeszcze jeden gaz spokrewniony z wodorem — tak zwany gaz oświetlający, palący się w sklepach i na ulicach.

Gaz ten wyrabia się również z węgla kamiennego, a zgromadzony w zbiornikach i rurach oddaje nam wielkie usługi. Jest to również gaz wybuchający, na szczęście ma ostry i nieprzyje-

---

Co dzieje się, gdy zbliżamy zapałkę zapaloną do rurki, napełnionej wodorem? Coby się stało, gdyby rurka była większa i mogła pomieścić dużą ilość wodoru? Jakie niebezpieczeństwo groziłoby nam, gdyby w skład powietrza wchodził wodór? Jaka jest przyczyna wybuchów w kopalniach węgla?

mny zapach, łatwo więc wyjawia swą obecność, chroniąc nas tym sposobem od niebezpieczeństwa. Wodór niema żadnego zapachu, jest więc stokroć niebezpieczniejszy. I pomyśleć tylko, że ludzie starali się wynaleźć gaz oświetlający, któryby nie miał żadnego zapachu; o ileż liczba wypadków śmierci byłaby wówczas większa!

Fig. 11. Gaz spokrewniony z wodorem wywołuje straszne wybuchy jeżeli zbliżymy doń ciała płonące. Łączy się on wówczas z tlenem powietrza.

Fig. 12. Gaz oświetlający jest również spokrewniony z wodorem. Jest to także gaz wybuchający.

Wodór ma jeszcze jedną bardzo ważną własność: jest on ogromnie lekki, 14 razy lżejszy od powietrza! Z tego powodu był on pierwotnie używany do napełniania balonów (fig. 13). Ale ponieważ otrzymywanie wodoru jest rzeczą bardzo kosztowną, więc zastępują go teraz gazem oświetlającym. Gaz oświetlający nie jest tak lekki jak wodór, jest on tylko 3 razy lżejszy od powietrza; wskutek czego balony nim wypełniane muszą być daleko większe niż balony napełniane wodorem.

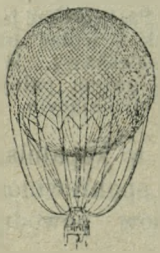


Fig. 13. Balony wypełniają się gazem oświetlającym, który jest 3 razy lżejszy od powietrza.

Tlen. Wiemy już dosyć o wodorze. Weźmy teraz drugą rurkę C (fig. 9), która przez ten czas napełniła się gazem. Wiemy już, że nosi on nazwę tlenu. Widzicie dobrze, że jest to gaz bez koloru, podobnie jak wodór i powietrze. Jeżelibym go dał wam do powąchania, to przekonalibyście się, że nie ma on żadnego zapachu. Nie zrobię jednak tego, gdyż mam go zbyt mało, by módz pozwolić sobie na

---

Jaki znasz jeszcze gaz spokrewniony z wodorem? Jak otrzymujemy gaz oświetlający? Który jest niebezpieczniejszy — wodór czy gaz oświetlający?

podobną próbę. Pokażę wam lepiej główną jego własność. Zapal zapałkę, Piotrusiu. Dobrze. Zgaś ją teraz i podaj mi prędko dopóki się jeszcze żarzy. Wprowadzam ją do rurki z tlenem i, o dziwo! zapałka rozpala się momentalnie i pali się jasnym płomieniem (fig. 14).

Oto co sprawił tlen! Przyśpiesza on i podsyca ogień, czyli podtrzymuje palenie, jak mówią chemicy. Dzięki niemu mamy ogień w piecach i światło w lampach. Więcej jeszcze, jemu to zawdzięczają życie ludzie, zwierzęta i rośliny, gdyż aby żyć, trzeba oddychać a... Ale wstrzymajmy się, opowiem wam o tem później.

Widzicie więc, jak bardzo różni się tlen od wodoru. Wodór pali się i wybucha, ale nie może rozpalić żarzącej się zapałki; tlen przeciwnie, podtrzymuje palenie, ale nie pali się sam.

Chemicy mówią, że wodór jest ciałem palnem, jak drzewo, węgiel, nafta, tlen zaś jest ciałem, podtrzymującem palenie.

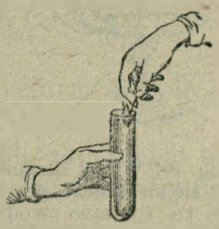


Fig. 14. Zapałka rozpala się w tlenie. Tlen podtrzymuje palenie.

Synteza wody. Czy zrozumieliście wszystko? Widzę, że Janek ma jakieś wątpliwości. Cóż powiesz, chłopcze? — Mówił pan, że wodór się pali, a tlen podtrzymuje palenie się wodoru? Tak, moje dziecko, jeżeliby powietrze nie zawierało tlenu to napróżno staralibyśmy się rozpalić wodór. Gdybyśmy wprowadzili ostrożnie ciało płonące do rurki pełnej wodoru tak, aby nie wywołać wybuchu przy wprowadzaniu, to zobaczylibyśmy, że płomień zgasłby, z braku tlenu.—A co staje się z wodorem, skoro się on spali? Jest to rzeczywiście bardzo ważne pytanie. Wodór, paląc się łączy się z tlenem, zupełnie tak samo, jak siarka z żelazem. W związku tym nie było już ani siarki, ani żelaza, powstało natomiast ciało nowe, zwane siarkiem żelaza. Podobnie i tutaj w związku wodoru z tlenem nie ma już ani wodoru ani tlenu. Cóż powstało na ich miejsce? kto z was odpowie? Nikt? Pomyślcie tylko, wszakże tylko co rozłożyliśmy wodę na wodór i tlen, teraz zaś wodór połączył się z tlenem, cóż zatem powstało?

Jaką własność szczególną posiada wodór? Jak zużytkowano tę własność wodoru? Jakim gazem zastępują go teraz? Ile razy gaz oświetlający jest lżejszy od powietrza? Co stanie się, jeżeli do rurki napełnionej tlenem wprowadzimy rozżarzoną zapałkę? Jaka jest najważniejsza własność tlenu?

Jaką rolę odgrywa tlen w życiu człowieka zwierząt i roślin? Czem różni się wodór od tlenu? Jaką rolę gra tlen w paleniu się wodoru? Dowiedź, że tlen sprawia palenie się wodoru.

Aha, teraz krzyczycie wszyscy: „Woda, woda!“ Dlaczego nie pomyśleliście o tem wpierw; przyzwyczajajcie się zastanawiać nad wszystkiem!

Tak jest, paląc wodór, otrzymujemy wodę; a ponieważ prawie wszystkie ciała palne zawierają wodór, zatem woda wytwarza się przy paleniu wszystkich ciał. Zapalam moją lampę spirytusową i trzymam nad nią zimny talerz (fig. 15). Widzicie, że całe dno talerza pokryło się kroplami, skosztujcie jedną z nich, a przekonacie się, że nie jest to spirytus. Są to poprostu krople wody, utworzonej przez palenie się wodoru, który wchodzi w skład alkoholu.

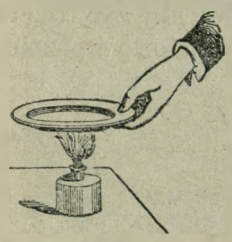


Fig. 15. Woda, skraplająca się na talerzu, powstała ze spalenia wodoru, zawartego w alkoholu.

Dawni chemicy używali słowa wodoród na oznaczenie wodoru, przez co chcieli oznaczyć, że jest to gaz rodzący wodę. Z czasem nazwę tę skrócono na wodór.

Przekonaliście się, że mamy dwa sposoby poznania składu chemicznego wody. Po pierwsze rozkładając wodę za pomocą prądu elektrycznego na dwa gazy: wodór i tlen. Wodoru jest dwa razy więcej niż tlenu. Drugi sposób polega na tem, że jeżeli połączymy przez palenie lub innym jakim sposobem dwie objętości wodoru z jedną objętością tlenu — to otrzymamy wodę.

Chemicy nazywają analizą chemiczny rozkład ciała, a syntezą — łączenie pierwiastków w celu otrzymania danego ciała. Tak więc, jeżeli zmieszamy w rurce 2 objętości wodoru i 1 objętość tlenu i następnie zbliżymy do niej ciało zapalone — to na miejsce tych dwóch gazów otrzymamy wodę. A jeżelibyśmy wpuścili do rurki trzy razy więcej wodoru niż tlenu, co stałoby się wówczas, Piotrusiu? — Jedna trzecia wodoru pozostałaby gazem—wodorem. Bardzo dobrze; to samo miałoby miejsce, jeżelibyśmy wzięli za dużo tlenu. Słowem, woda jest to związek wodoru z tlenem w proporcji określonej, gdyż wszystkie związki chemiczne powstają z łączenia się ciał w proporcjach określonych.

Co wytwarza wodór paląc się? Dlaczego woda wytwarza się zawsze przy paleniu ciał? Jak chemicy nazywają rozłożenie chemiczne ciała na jego części składowe?

Jak chemicy nazywają utworzenie danego ciała z jego części składowych?

SKŁAD POWIETRZA.

Zajmiemy się teraz składem powietrza. Mówiłem wam już, że zawiera ono tlen. On to zapalał wodór, gdyśmy chcieli otrzymać wodę, on również zapalał siarkę, by utworzyć anhydryt siarkowy. Ale powietrze składa się nietylko z tlenu. Dowodem tego jest, że rozżarzona zapałka nie rozpala się w powietrzu, gdy tymczasem wprowadzona do rurki z tlenem zapala się natychmiast. Powietrze zawiera bowiem tylko jedną piątą tlenu, reszta jest to gaz zwany azotem.

Oprócz tego znajduje się w powietrzu pewna część gazu, odkrytego niedawno i znanego pod nazwą argonu.

Azot. Jakbyś sobie postąpił, Piotrusiu, jeżelibym ci polecił otrzymać azot, czyli wydzielić tlen z powietrza?

— Połączyłbym wodór z powietrzem, następnie zapaliłbym tę mieszaninę — wtedy wodór, połączywszy się z tlenem, utworzyłby wodę, a azot pozostałby w stanie czystym.

— Bardzo sprytnie pomyślane, ale zabieg taki byłby dość trudny a przytem kosztowny. Janku, czy nie obmyślisz innego sposobu?

— Można zapalić siarkę pod szklanym kloszem; siarka paląc się pochłonie tlen, a azot pozostanie czystym. Doświadczenie takie robił już pan na jednej z lekcyj.

— Tak moje dziecko, ale tym sposobem nie mógłbyś otrzymać azotu w stanie czystym, gdyż siarka nie pochłania wszystkiego tlenu powietrza. Ażeby otrzymać azot robimy doświadczenie podobne, ale używamy do tego nie siarki, lecz fosforu.

Otrzymywanie azotu za pomocą fosforu. Mam tu mały kawałek fosforu, sprobójmy zatem zrobić to doświadczenie?

Widzicie, że muszę trzymać fosfor w wodzie, ponieważ jest on ciałem niebezpiecznem, zapalającem się bardzo łatwo przy zetknięciu z powietrzem. To też kładę go prędko na skorupkę porcelany, którą umieszczam na kawałku drzewa pływającym po wodzie, a wszystko to pokrywam szklanym kloszem (fig. 16).

Chodźmy prędko do ciemnego pokoju. Widzicie, że fosfor świeci się w ciemności skoro znajduje się w zetknięciu z powie-

---

Z jakich gazów składa się powietrze? W jakiej proporcji gazy te są zmieszane z sobą w powietrzu?

trzem, przyczem możecie zauważyć, że światło fosforu jest zupełnie podobne do światła zapałek, pocieranych w ciemności. Nic dziwnego, bo do wyrobu zapałek używany jest fosfor w pomieszaniu z innemi ciałami.

Fosfor ma bardzo stosowną nazwę, pochodzi ona od słów greckich fos-foros, co oznacza: niosący światło.

Wróćmy teraz do klasy. Nasz kawałek fosforu wydzielił dużo białego dymu, a teraz oto zapala się. Patrzcie, jaki to ładny widok! Ktoby pomyślał, że tak pięknie płonące ciało dobywa się z kości zwierząt! Ponieważ paląc się, fosfor wytwarza dużo ciepła, więc powietrze rozszerza się i pewna część jego uchodzi z pod słoja. A teraz fosfor gaśnie, powietrze oziębia się, poziom wody wznosi się w słoju— wreszcie wszystko się uspakaja. Gaz, który pozostał w słoju, jest to azot, zawierający pewną część tlenu i argonu. Ażeby otrzymać azot w stanie zupełnie czystym, trzeba pozostawić fosfor w słoju tak długo, dopóki będzie on świecił w ciemności. Światło jest bowiem paleniem się powolnem i palenie to ostatecznie oddzieli tlen, pozostawiając nam azot zupełnie czysty.

Fig. 16. Fosfor paląc się, zabrał wszystek tlen. Pod kloszem zostaje już tylko czysty azot.

Związki fosforu z tlenem. Przyjrzyjmy się teraz azotowi. Ale najpierw powiedz mi, Piotrusiu, co stało się z fosforem? Połączył się on z tlenem powietrza tak, jak przed chwilą — siarka. — Dobrze, a cóż powstało wskutek tego połączenia? Siarka utworzyła anhydryt siarkowy, więc myślę, że fosfor utworzyłby anhydryt fosforawy. Omyliłeś się nieco, chłopcze, gdyż fosfor tworzy anhydryt fosforny, a nie fosforawy.

— Ale, proszę pana, cóż to jest za różnica między końcówką „awy“ a „any“ i „ny“. Mówił pan kiedyś kwas siarkowy — i kwas siarczany, teraz pan mówi: anhydryt fosforawy i anhydryt fosforny. Na czem więc polega ta różnica?

Widzicie dzieci, siarka, fosfor i inne ciała, tworząc rozmaite kwasy łączą się już to z większą już to z mniejszą ilością tlenu. Wskutek tego potrzebne są rozmaite nazwy na oznaczenie tych kwasów. Końcówkę „awy“ dajemy nazwie kwasu, zawierającemu

---

W jaki sposób otrzymujemy fosfor?
Jakie kwasy mają w nazwach końcówkę *ny*, a jakie *awy?*

mniejszą ilość tlenu, a końcówki „ny“ i „any“ nazwie kwasu, zawierającemu większą ilość tlenu.

Tak naprzykład, gdy fosfor pali się płomieniem, to powstaje anhydryt fosforny, kiedy zaś spala się powolnie, to wytwarza anhydryt fosforawy, który mniej tlenu zawiera, aniżeli fosforny.

Własności azotu. Powróćmy teraz do naszego azotu. Oto mysz, którą złapałem żywą i zamknąłem w tej oto pułapce. Wprowadzam ją bardzo szybko pod klosz z azotem (fig. 17)! Widzicie, że mysz rzuca się, pada i zdycha, — dusi się. Nie myślcie, że azot przyprawił ją o śmierć, udusiła się ona z braku tlenu. Azot nie jest trucizną, wdychamy go bardzo wiele, gdy oddychamy powietrzem, ale sama nazwa jego (a—oznacza przeczenie, zot — życie) pokazuje niemożność podtrzymania życia.

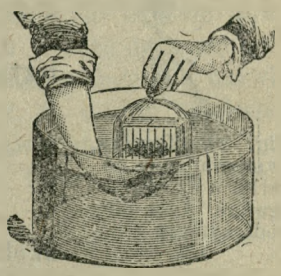


Fig. 17. Mysz wprowadzona do azotu, dusi się i zdycha. Zabił ją brak tlenu.

Azot zatem nie podtrzymuje życia, nie podtrzymuje oddychania. Azot nie podtrzymuje również palenia. Ale jak was o tem przekonać? Nie mogę przecież wprowadzić zapalonej zapałki pod klosz przez wodę, gdyż zgasłaby ona napewno przed dojściem do azotu. Trzeba koniecznie postarać się wprowadzić nasz azot do rurki.

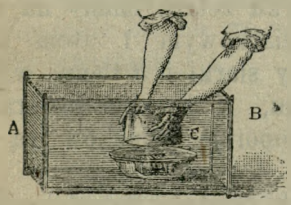


Fig. 18. Podtrzymuj słój C, napełniony azotem.

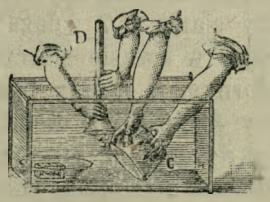


Fig. 19. Azot z naczynia przechodzi do lejka i wypełnia rurkę D.

Nie jest to rzeczą nader trudną. W tym celu cały nasz słój z azotem, klatką, myszą i z naczyniem pogrążam głęboko w starej wanience z wodą. Ty, Janku, podtrzymuj w wodzie słój napełniony azotem C (fig. 18), trzymaj go otworem ku dołowi. Dobrze.

Cóż stanie się ze zwierzęciem wprowadzonem pod klosz z azotem? Czy azot jast trucizną? Dowiedź tego. — Dlaczegóż mysz zdycha w azocie?

Tymczasem ja biorę małą rurkę, podstawiam pod nią lejek, napełniam wodą rurkę i lejek i pogrążam w wanience z wodą (fig. 19).

Teraz, Janku, nachyl słój C tak, aby brzeg jego podchodził pod lejek. Patrzcie, oto azot przechodzi do lejka i napełnia rurkę D.

Teraz zatykam rurkę palcem, wydobywam ją z wody i trzymam odwróconą otworem w dół. Weźmy zapaloną zapałkę i wprowadźmy ją do rurki z azotem (fig. 20). Widzicie, że zapałka gaśnie natychmiast.

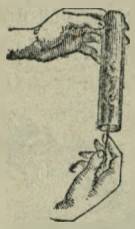


Fig. 20. Zapałka, wprowadzona do rurki z azotem — gaśnie. Azot nie podtrzymuje palenia.

Przekonałem was zatem, że azot nie podtrzymuje palenia.

Powietrze jest mieszaniną, a nie związkiem.

Mówiłem wam, że w powietrzu znajduje się około czterech piątych azotu. Biorąc ściśle, azotu jest 79,2 na sto, tlenu tylko 20,8 na sto. Inaczej mówiąc, na jedną objętość tlenu jest 3,80 objętości azotu— a na wagę, na jedną część tlenu 3,348 części azotu.

Powietrze jest mieszaniną, nie zaś związkiem. Pokazują nam to już same te cyfry skomplikowane; proporcje związków są nadzwyczaj nader proste. Przypomnijcie sobie wodę, w której na jedną objętość tlenu znajdują się dwie objętości wodoru, a na wagę jedna część wodoru na 8 tlenu. W siarku żelaza mamy na wagę 4 atomy siarki i 7 żelaza; w kwasie siarkowym 1 atom siarki i 1 tlenu; w kwasie siarczanym 2 atomy siarki i 3 tlenu; w kwasie fosfornym 4 atomy fosforu i 5 tlenu; w kwasie fosforawym 4 atomy fosforu i 3 tlenu. Słowem proporcje związków są nietylko określone ale i nader proste.

Mieszaniny, przeciwnie, mają stosunki objętości dowolne a przytem bardzo skomplikowane.

Możemy bardzo łatwo zmienić skład powietrza. Jeżeliby fosfor, podczas palenia się, wrzucić do wody, to powietrze w kloszu zawierałoby mniej tlenu niż zwykłe świeże powietrze i ilość tlenu byłaby mniejsza o tyle, o ile doświadczenie trwałoby dłużej. Widzicie więc, że nie ma tu proporcji określonych, jakie dostrzegamy zwykle w związkach.

Powietrze ma jednocześnie własności tlenu i własności azotu. Spala on ciała, ponieważ w skład jego wchodzi tlen, ale pod-

trzymuje palenie daleko słabiej niż tlen, ponieważ zawiera azot. W związkach zaś ciała tracą swe własności; w wodzie, naprzykład, nie odnajdujemy żadnych własności tlenu, ani wodoru.

To wszystko dowodzi, że powietrze jest mieszaniną.

Poznaliście już zatem trochę chemji, moje dzieci. Wiecie, co to jest powietrze i woda, a to jest rzecz nader ważna. Zapoznaliście się już z tlenem, wodorem i azotem—czyli trzema z czterech gazów, które zaliczamy do ciał prostych (pierwiastków).

Nie myślcie jednak, że to, cośmy poznali, było istotnie dużą częścią chemji. Ileż bowiem ciał zostało nam jeszcze do poznania!

Pomyślcie tylko, ile pierwiastków nie znamy nawet z nazwiska, nie mówiąc już o ciałach złożonych z 2, 3, 4 lub większej nawet liczby pierwiastków. Nie możemy nawet marzyć, aby poznać to wszystko w tym roku, udzielę wam tylko jeszcze kilku wiadomości nader ciekawych i pożytecznych.

WĘGIEL.

Pomówię więc z wami najpierw o węglu, który, jeżeli jest zupełnie czysty, należy do pierwiastków.

Skład materji roślinnych. Wiecie wszyscy, że węgiel drzewny pochodzi z roślin, z drzewa odpowiednio wypalonego. Węgiel zatem znajduje się w roślinach.

Znajduje się on we wszystkich częściach roślin: w drzewie, liściach, kwiatach i t. d. I wiedzcie przytem, że jest on tam po-

Fig. 21. Na łopatce, rozpalonej do czerwoności, cukier zamienia się na kawałek czarnego węgla.

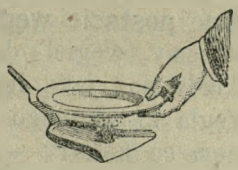


Fig. 22. Woda, powstająca wskutek łączenia się wodoru i tlenu, zawartego w cukrze, skrapla się na talerzu.

Czy powietrze jest mieszaniną czy związkiem? Po czem poznajemy, że jest to mieszanina? Co wiesz o własnościach ciał w związkach? A w mieszaninach?

Z pomiędzy czterech gazowych pierwiastków jakie już poznałeś? Co to jest węgiel? Skąd się on bierze?

łączony z wodorem i tlenem. Trzy te pierwiastki: węgiel, wodór i tlen, łącząc się z sobą, tworzą wszystkie materje roślinne.

Patrzcie, oto kawałek cukru, który, jak wiecie, otrzymuje się z roślin.

Kładę go na łopatce rozpalonej do czerwoności (fig. 21) i pilnuję, aby nie palił się płomieniem; widzicie, że na łopatce pozostało tylko trochę czarnego węgla. Jeżeli podczas palenia cukru umieszczę nad nim talerz zimny (fig. 22), to zobaczycie, że na talerzu osiądą kropelki wody. Woda ta powstaje z połączenia się tlenu i wodoru, zawartych w cukrze.

Krochmal, guma arabska, alkohol, oleje i większość ciał pochodzenia roślinnego mają skład taki sam jak cukier.

Widzicie więc, jak niepodobne do siebie ciała powstają wskutek łączenia się z sobą trzech ciał prostych?

Skład materji zwierzęcych. Węgiel wchodzi również w skład niektórych części ciała zwierząt. Węgiel kostny, używany do oczyszczania płynów, jest węglem zwierzęcym, otrzymywanym przez wypalanie kości, bez dostępu powietrza, w naczyniach zamkniętych.

Wodór i tlen w połączeniu z węglem tworzą tłuszcz zwierzęcy, tak samo, jak tworzą one tłuszcz roślinny. We wszystkich innych częściach organizmów zwierzęcych, jak w mięsie, mózgu, włosach i t. d., oprócz węgla, wodoru i tlenu, znajduje się jeszcze i azot. Z tych to czterech ciał prostych powstają wszystkie substancje, tworzące ciało zwierząt.

Trzy z nich, jak wiemy, są gazami, czwarte — węgiel jest ciałem stałem.

Różne postacie węgla. Powróćmy do węgla. Tworzy on, jak mówiliśmy, węgiel drzewny i węgiel zwierzęcy. Czy widziałeś go kiedy pod jaką inną postacią, Piotrusiu? — Tak, pod postacią węgla kamiennego i koksu. — A czy węgiel kamienny jest tem samem co koks? — O nie: węgiel kamienny jest świecący i tłustawy, koks jest suchy. — To prawda, ale są to różnice powierzchowne. Henryku, ty, który zawsze mieszkałeś w mieście, gdzie oświetlenie jest gazowe, czy nie wiesz jaka jest różnica między węglem kamiennym a koksem? — Wiem, proszą pana, koks

---

Jakie trzy ciała tworzą materje roślinne? Co staje się z kawałkiem cukru, położonym na łopatce rozpalonej do czerwoności? Jak dowieść, że cukier zawiera inne ciała oprócz węgla? Z czego się składa krochmal? Guma arabska? Alkohol? Oleje?

jest pozostałością po otrzymaniu gazu oświetlającego z węgla kamiennego.

Tak jest rzeczywiście, nagrzewając węgiel kamienny, wydobywamy zeń gaz oświetlający i wiele innych rzeczy. Trudno wam nawet wyobrazić sobie, ile i jakie cuda zawiera węgiel kamienny! Piękne farby, zapachy, — około setki substancji pożytecznych a między niemi przyprawy, służące do cukierków! Tak więc węgiel kamienny nie jest bynajmniej czystym węglem. Staje się on nim po nagrzaniu, koks jest węglem prawie zupełnie czystym.

Mamy jeszcze inne odmiany węgla. Wnętrza ołówków waszych są z czystego prawie węgla, który w tym razie nazywa się grafitem i znajduje się w przyrodzie w dość dużych pokładach.

Najdziwniejszym jednak wyda się wam pewnie to, że djament jest czystym węglem. Mówiłem wam już o tem słów kilka, kiedyśmy przechodzili naukę o kryształach. Ten piękny, kosztowny kamień, tak błyszczący, przezroczysty i tak twardy, że może rysować wszystkie ciała nam znane, ma taki sam skład chemiczny, jak ten oto brzydki węgiel czarny i kruchy, którego cały worek kosztuje niezbyt wiele. Potrząsacie głowami niedowierzająco, otóż postaram się przekonać was o tem.

Co powstaje po spaleniu węgla. Trzeba wam wiedzieć, że djament, nagrzewany silnie, przemienia się w substancję bardzo podobną do koksu. Takie podobieństwo zewnętrzne nie wystarcza, gdy mamy dowieść, że dane ciało ma taki, nie zaś inny skład chemiczny. Oto kawałek węgla, kładę go na ogień, widzicie, że rozpala się do czerwoności, płonie i ostatecznie niknie, pozostawiając tylko trochę popiołu, który jest zanieczyszczeniem i niema nic wspólnego z węglem. Węgiel zniknął, spalił się. Cóż się z nim stało. Wszakże nic w naturze nie ginie, gdzież się więc podział nasz węgiel? Spali się, to znaczy, że połączył się z tlenem powietrza, nieprawdaż? Co utworzy, Piotrusiu, węgiel w połączeniu z tlenem? — Napewno gaz, ponieważ nie widzimy żadnego ciała — wszystko się ulotniło. Tak, ale jak nazywamy ten gaz? —

Co to jest węgiel kostny? Z czego składają się tłuszcze zwierząt? Jakie jest czwarte ciało, wchodzące w skład mięsa i mózgu? Które z pomiędzy czterech pierwiastków, tworzących ciało zwierząt, są gazami, a które ciałami stałemi?

Co otrzymujemy z węgla kamiennego? Co pozostaje po otrzymaniu gazu z węgla?

Będzie to anhydryt węglowy, albo anhydryt węglany — jeden z dwóch, ale nie wiem, który.

— Otóż, moje dziecko, będzie to jeden lub drugi, zależnie od tego, czy palenie będzie powolne czy żywe. Kiedy węgiel pali się prędko i żywo, to tworzy **anhydryt węglany**, zawierający 3 części węgla na 8 części tlenu. Kiedy zaś węgiel pali się wolno, to tworzy anhydryt **węglowy**, mający 3 części węgla i tylko 4 części tlenu. Anhydryt węglowy nazywa się **tlenkiem węgla**, powiem wam później dlaczego.

Płonąc w naszych piecach i kominkach węgiel wytwarza mieszaninę tlenku węgla z anhydrytem węglanym, który, łącząc się z wodą, znajdującą się zawsze w powietrzu pod postacią pary, staje się **kwasem węglanym** (albo inaczej dwutlenkiem węgla). Im ciąg czyli dostęp powietrza jest większy, tem węgiel spala się żywiej, tem mniej wytwarzać się będzie tlenku węgla.

Poznaliście już teraz chemiczny skład węgla. Możecie palić koks, węgiel zwierzęcy, grafit lub djament — zawsze wskutek palenia otrzymacie kwas węglany lub tlenek węgla, albo mieszaninę tych dwóch gazów, zależnie od stopnia energji w spaleniu. Spalając grafit i djament nie otrzymacie nawet popiołu, nic oprócz tych gazów; wskazuje to, że ciała te są najczystszym węglem.

Ponieważ tlenek węgla i kwas węglany powstają w paleniskach naszych pieców i kominów, ponieważ tworzą się one również przy paleniu świec i lamp, więc musimy koniecznie zapoznać się z nimi bliżej.

Tlenek węgla. Zacznijmy od tlenku węgla. Jest to gaz bez koloru i nieposiadający zapachu, gdy jest zmieszany z powietrzem, co czyni go bardzo niebezpiecznym, gdyż jest to gaz silnie trujący. Jedna tysiączna część tego gazu sprowadza śmierć, a jedna dziesięciotysięczna nabawia gwałtownego **bólu i zawrotu głowy**.

Widzicie więc, jak ważnem jest dla zdrowia, aby ogień na kominkach i w piecach płonął żywo, i aby produkty spalenia mogły z łatwością wydostawać się na zewnątrz przez rury. Małe piecyki i kominki żelazne, w których palimy węglem drzewnym,

---

Jaką znasz jeszcze odmianę węgla? Co to jest djament? Dowiedź, że djament jest węglem. Jaki gaz powstaje przy szybkiem paleniu się węgla? A jaki przy powolnem? Co się tworzy przy paleniu się węgla w naszych piecach? Daj drugi dowód, że djament jest węglem? Co wiesz o tlenku węgla? Co wywołuje jedna tysiączna część tlenku węgla w powietrzu? A jedna dziesięciotysięczna? Jak trzeba urządzać piece i ogniska? Co się wydziela z ognisk węgla drzewnego?

dają duże ilości tlenku węgla, to też wywołują one bóle głowy, zagorzenia, a często ciężkie i niebezpieczne choroby.

Nie zostawiajcie zatem nigdy w pokoju na noc piecyków z rozżarzonymi węglami, gdyż inaczej moglibyście się „obudzić martwymi“, jak opiewał jakiś kurjer, notując wypadek śmierci z zaczadzenia.

Kwas węglany. Tlenek węgla może się zająć i palić podobnie jak wodór. Cóż on tworzy wówczas, Pawełku? — Anhydryt węglany. — Naturalnie, ponieważ tlenek węgla łączy się wówczas z nową ilością tlenu powietrza. Pali się on ładnym płomieniem błękitnym, skaczącym ponad silnie rozżarzonymi węglami. Niestety, tlenek węgla nie spala się całkowicie, duża część jego pozostaje tlenkiem.

Anhydryt węglany może się tworzyć w dwojaki sposób: albo odrazu przez bezpośrednie, energiczne spalanie węgla przy dużym dostępie tlenu lub też przez spalanie otrzymanego już tlenku węgla.

W piecach i kominach anhydryt węglany powstaje ciągle obu temi sposobami, przyczem wytwarza się ciepło. Ale skoro tylko anhydryt węglany zjawi się w powietrzu wnet łączy się on z wilgocią powietrza i staje się kwasem węglanym. Kwas węglany jest również bezbarwny i nie ma prawie żadnego zapachu. Jest on mniej niebezpieczny od tlenku węgla, gdyż musi go być w powietrzu około 20%, by nam zagrażał otruciem. Pomimo to należy się wystrzegać kwasu węglanego, a to z dwóch przyczyn:

Po pierwsze, dlatego, że przebywanie w atmosferze, zawierającej 4 lub 5% kwasu węglanego jest szkodliwe dla zdrowia, jakkolwiek nie zabija odrazu. Ale to jeszcze nie wszystko. Jeżeli powietrze danego pokoju zawiera kwas węglany, to możemy być pewni, że utworzył się on tam z uszczerbkiem tlenu, zużywa on bowiem tlen powietrza.

Skład kwasu węglanego jest taki, że zawiera on w sobie równą mu objętość tlenu. Jeżeli więc w pokoju znajduje się 10 procentów kwasu węglanego, to musi w nim być również o 10 procentów mniej tlenu: zamiast więc 21 procent tlenu będziemy mieli powietrze zawierające go tylko 11%. Rozumiecie zatem, że człowiek, oddychający takiem powietrzem, narażałby się na otru-

---

Ile procentów kwasu węglanego musi zawierać powietrze, aby być trującem? Porównaj to z własnościami tlenku węgla?

Co się zużywa, gdy wydychamy kwas węglany? Co następuje, gdy w pokoju jest 10% kwasu węglanego?

cie kwasem węglanym lub uduszenie z braku tlenu. Mogłoby się to stać nader łatwo, jeżelibyśmy zamknęli hermetycznie okna klasy, w której jest nas kilkunastu. Nie pojmujecie dlaczego? Oto dlatego, że każdy z nas pochłania tlen z powietrza, a wydycha natomiast kwas węglany. We wnętrzu ciała naszego odbywa się palenie o wiele powolniejsze od palenia drzewa na kominku, chociaż przytem wcale się nie wytwarza tlenek węgla. Ale dość o tem, powrócimy jeszcze do tej kwestji, poznając fizjologję zwierząt.

Kwas węglany wytwarza się nietylko w ogniskach pieców i ciałach zwierząt. W niektórych miejscowościach wydziela się on obficie z wnętrza ziemi.

Na wyspie Jawie znajduje się dolina, w której jest taka obfitość kwasu węglanego, że nic tam żyć nie może, każdy ptaszek nawet przefruwając ponad doliną, pada na ziemię i zamiera. Na południu Włoch istnieje również podobna miejscowość. W Pozzuolo, w pobliżu Neapolu, jest jaskinia (fig. 23), zwana psią grotą,

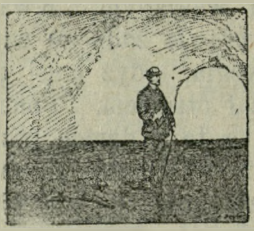


Fig. 23. Kwas węglany znajduje się na dnie jaskini, zabija więc psa, a na człowieka nie działa wcale.

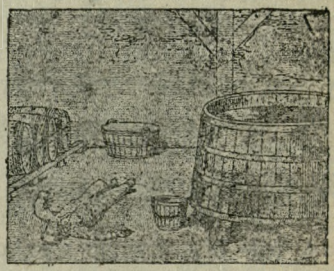


Fig. 24. Kwas węglany powstaje przy fermentacji piwa i wina. Gaz ten sprowadza śmierć.

do której człowiek może wejść bez obawy, gdy tymczasem pies pada martwy, otruty kwasem węglanym, wydzielającym się z ziemi. Dlaczegóż to? pytacie. Dlatego, że kwas węglany jest cięższy od powietrza, przeto znajduje się w niezbyt grubej warstwie na dnie jaskini. Kwas węglany wytwarza się także przy fermentacji piwa i wina.

Daj przykłady naturalnych źródeł kwasu węglanego? W jakich jeszcze okolicznościach powstaje kwas węglany? W jakim stosunku kwas węglany znajduje się w powietrzu? Pod jaką postacią kwas węglany jest rozpowszechniony w przyrodzie?

Dlatego też przeprowadzanie fermentacji w pokojach nieprzewietrzanych, a zwłaszcza w piwnicach, jest bardzo niebezpieczne. Jakże często słyszymy o wypadkach śmierci, spowodowanej przez otrucie kwasem węglanym (fig. 24).

Trzeba wam wiedzieć, że kwas węglany znajduje się zawsze w powietrzu w ilości bardzo małej, która nie zawsze jest jednakowa, ale w każdym razie mniejsza od jednej części kwasu węglanego na 1000 części powietrza.

Węglan wapnia. Kwas węglany jest jednakże bardzo rozpowszechniony w naturze, ale nie w stanie odosobnienia, a tylko w połączeniu.

Jest to cokolwiek trudniejsze do zrozumienia, ale mam nadzieję że pojmiecie, gdyż wiecie już, co to jest związek.

Powtórzę doświadczenie, które robiłem już kilka razy.

Oto kawałek wapienia, kładę go w kieliszek i oblewam bardzo mocnym octem. Widzicie, że wydzielają się liczne pęcherzyki gazu, gaz ten jest kwasem węglanym, który został wyswobodzony z wapienia przez działanie octu.

Z czemże był połączony ten kwas węglany? Z wapnem. Jeżelibyśmy nagrzewali silnie i długo nasz wapień, wówczas kwas węglany byłby wyswobodzony, a pozostałoby tylko czyste wapno, które włożone do kieliszka z octem nie wydzielałoby żadnych gazów.

Chemicy nazywają ten wapień, będący połączeniem wapna z kwasem węglanym, **węglanem wapnia**, co doskonale określa części składowe tego ciała.

Synteza węglanu wapnia. A teraz postąpimy z węglanem wapnia tak, jak postępowaliśmy z wodą. Rozłożyliśmy go na części składowe sposobem analizy, sprobujmyż go teraz złożyć sposobem syntezy.

Fig. 25. Płyn przecedzony jest przezroczysty, zawiera on jednak trochę wapna rozpuszczonego.

Nie ma w tem nic trudnego. Wrzućmy ten kawałek wapna do szklanki z wodą, ale ostrożnie, gdyż wapno to tylko co utworzone jest jeszcze niegaszone i zagrzeje bardzo silnie naszą wodę. Po chwili woda uspokaja się, część

Jak dowieść, że wapień zawiera kwas węglany?
Jaką nazwę dają chemicy związkowi wapna z kwasem węglanym?

wapna rozpuściła się. Ażeby ją oddzielić od reszty wapna, leżącego na dnie, przefiltrujemy to wszystko przez bibułę, złożoną w kształcie lejka (fig. 25). Patrzcie jak płyn ten jest przezroczysty! Zawiera on jednakże trochę rozpuszczonego wapna: jest to tak zwana woda wapienna.

Chcąc otrzymać węglan wapnia z wody wapiennej, trzeba dodać do niej kwasu węglanego. Ale jak to zrobić? Czy nie domyślasz się, Piotrusiu? — Wziąłbym mieszek, naciągnąłbym z niego kwasu węglanego z ponad palących się węgli i wydmuchałbym go do szklanki z wodą wapienną. — Bardzo dobrze, ale gdybyśmy nie mieli pod ręką mieszka? — Słyszałem, jak ojciec mówił, że woda sodowa zawiera kwas węglany, więc możnaby jej dolać do naszej wody wapiennej. — Dobrze, chłopcze. Rzeczywiście, w wodzie sodowej znajduje się dużo kwasu węglanego, jest to właśnie ten gaz, który się wydziela, kiedy otwieramy butelkę z wodą sodową. Ale jeżelibyśmy nie mieli wody sodowej? Widzę, że się Janek uśmiecha, cóż takiego chłopcze? — Bo wszakże my, oddychając, wytwarzamy kwas węglany, cóż więc łatwiejszego jak nadmuchać go w wodę. — Sposób twój, Janku, jest najprostszy, najlepszy, w nagrodę za to pozwolę ci zrobić samemu to doświadczenie. Dmuchaj w wodęp rzez tę słomkę (fig. 26). Widzicie, że woda staje się mętną, wygląda jak gdybyśmy do niej doleli mleka. Zmianę wywołuje obecność węglanu wapnia, który utworzył się przez połączenie wapna rozpuszczonego w wodzie z kwasem węglanym, nadmuchanym przez Janka. Oto jest synteza węglanu wapnia.

Fig. 26. Woda wapienna staje się mętną dlatego, że Janek wprowadził do niej kwas węglany ze swych płuc. Męt ten jest węglanem wapnia.

Tymczasem niechaj ten węglan wapnia opadnie na dno naczynia. Przy końcu lekcji odlejemy wodę ze szklanki i nalejemy doń octu; zobaczycie wówczas wydzielające się banieczki kwasu węglanego, pochodzącego z płuc kolegi Janka.

Co się stało, gdy Janek dmuchał w szklankę z wodą wapienną?

TLENKI, KWASY, SOLE.

Nie powiedziałem wam jeszcze wszystkiego o węglanie wapnia, dowiecie się o nim zaraz rzeczy nader ważnych. Wiadomo wam już, że składa się on z kwasu węglanego i wapna. Znany wam jest również skład kwasu węglanego: 3 części węgla na 8 tlenu. Ale czemże jest wapno? Czy jest to ciało proste? Nie? wapno jest ciałem złożonem? — Z czego? Z tlenu i jeszcze jednego ciała prostego, metalu trudno oddzielającego się, a zwanego **calcium**. Nic więc dziwnego, że chemicy nazywają wapno tlenkiem calcium.

Tlenki metaliczne. W taki sam sposób tlen łączy się ze wszystkiemi metalami, tworząc **tlenki**. Odbywa się to łatwiej lub trudniej, prędzej lub wolniej, każdy jednak metal łączy się z tlenem. Jeżelibyśmy mieli tu kawałek calcium i wystawili go na działanie powietrza, to pochłonąłby on bardzo prędko tlen, tworząc tym sposobem wapno. Wrzucony do wody calcium rozłażyłby chemicznie wodę, pochłaniając wszystek tlen, a wyswobadzając wodór. Jest to więc metal utleniający się bardzo łatwo.

Zajmijmy się teraz **żelazem**. Wiecie dobrze, że wystawione na działanie suchego powietrza nie zmienia się ono wcale, gdy jednak umieszczone jest przez czas długi na wilgoci, to pokrywa się **rdzą**, czyli, jak mówią chemicy: utlenia się. Łączy się ono wówczas z tlenem powietrza, a czerwonawy proszek, który dobrze znacie, a który jest wynikiem tego związku, jest rdzą czyli tlenkiem żelaza.

Weźmy **miedź**. W powietrzu nie ulega ona zmianom raptownym, pozostawiona jednak na wilgoci, śniedzieje z czasem i tworzy ciało zielone, zwane grynszpanem i będące trucizną. Grynszpan zawiera tlenek miedzi.

A teraz zbadamy **rtęć**, metal srebrzysty, płynny, który wam pokazywałem, opowiadając o barometrach. Możemy go zostawić bardzo długo na powietrzu, nie ulegnie on żadnym zmianom. Ale jeżelibyśmy gotowali rtęć przez kilka godzin, to zobaczylibyśmy,

---

Z czego się składa wapno? Jak chemicy nazywają wapno? Jakie związki tworzy tlen z innemi metalami? Co stałoby się z calcium wystawionym na działanie powietrza?

Co stałoby się z calcium wrzuconym do wody? Co się dzieje z żelazem wystawionem na działanie powietrza? Co to jest rdza? Jak działa wilgoć na miedź? Co to jest grynszpan? Co to jest rtęć? Jak można utlenić rtęć?

że pokryłaby się ona czerwonym proszkiem, będącym tlenkiem rtęci, t. j. połączeniem rtęci z tlenem. Robiąc takie doświadczenie, t. j. gotując rtęć, sławny fizyk francuski Lavoisier (od 1743 do 1794) odkrył istnienie tlenu w powietrzu.

Srebro nie utlenia się nigdy w powietrzu, nie rdzewieje nigdy pod wpływem zimna, ani pod wpływem ciepła. Podobnież i złoto. Jednakże chemicy mają sposób utleniania srebra i złota, ale nie jest to rzeczą łatwą i wymaga złożonych zabiegów chemicznych.

Tą łatwością lub trudnością w łączeniu się z tlenem możemy objaśnić, dlaczego pewne metale znajdują się w ziemi w stanie rodzimym (w stanie odosobnienia), gdy tymczasem inne są w połączeniu z tlenem lub w postaci innych, bardziej skomplikowanych związków.

Tak więc złoto, srebro, platyna, rtęć i miedź znajdują się w ziemi w stanie rodzimym, czyli czystym. Żelazo rodzime jest wielką rzadkością, cynk, cyna, ołów występują zawsze w połączeniu z tlenem lub siarką, ponieważ jednak nie utleniają się one zbyt prędko, ani nie tworzą związków bardzo trwałych, więc można bez wielkich trudności oddzielić je od tlenu.

Inaczej rzecz się ma z metalami takiemi jak calcium, to jest chciwie łączącemi się z tlenem. Nie spotykamy ich nigdy w stanie rodzimym. Oddzielenie ich od tlenu jest ogromnie trudne. Ogień nawet bardzo silny nie jest w stanie tego dokonać.

Od niepamiętnych czasów znane było ludziom wapno, gdy tymczasem zaledwie od niedawna otrzymano calcium, rozkładając wapno silnym prądem elektrycznym. W podobny sposób wydzielono metal potas z potażu, sód z sody, magnez z magnezji. Wszystkie te substancje są poznane niezbyt dawno.

Słowem wszystkie metale łączą się z tlenem łatwiej lub trudniej i wszystkie tworzą połączenia zwane tlenkami.

Połączenia tlenu z ciałami niemetalicznemi. Tlen łączy się również z ciałami, które nie mają ani ciężaru, ani blasku, ani innych własności metali. Wiemy naprzykład, że łączy się on z węglem, tworząc tlenek węgla i anhydryt węglany; z siarką

Czem się wyróżnia srebro i złoto?

Wylicz metale, które spotykamy często w stanie rodzimym? Jaki metal spotykamy rzadko? W jakim stanie znajdujemy cynk, cynę, ołów? Jakie są skutki silnego łączenia się metali z tlenem? Wylicz metale, które udało się nam oddzielić od tlenu dopiero w ostatnich czasach? A zatem, co tworzą wszystkie metale w połączeniu z tlenem?

tworzy anhydryt siarkowy i anhydryt siarczany; z fosforem — anhydryt fosforawy i anhydryt fosforny; z azotem tlen tworzy rozmaite związki, nie będące mieszaninami, tak jak powietrze, ale rzeczywistemi połączeniami chemicznemi. Tworzy on różne tlenki azotu, z których najważniejszy jest anhydryt azotny. Anhydryt azotny pomieszany z wodą staje się kwasem azotnym. Jest to kwas bardzo niebezpieczny, pali i niszczy wszystko; najmniejsze zetknięcie jego ze skórą parzy i pozostawia żółte plamy.

Kwasy, zasady, sole. „Widzę, że Pawełek i Janek chcą mię o coś spytać. Cóż takiego, Pawełku? — Proszę pana, dlaczego tlen w połączeniu z siarką nazywa się anhydrytem siarczanym, a w połączeniu z żelazem — tlenkiem żelaza? Dlaczego nie możemy go nazwać anhydrytem żelaznym?

— Trudnoby ci było zrozumieć to w tym roku, mój chłopcze. Zadowolnij się tylko wiadomością, że najczęściej związki tlenu z metalami nazywają się tlenkami lub zasadami, gdy tymczasem związki tlenu z ciałami niemetalicznemi noszą nazwę anhydrytów. Anhydryt w połączeniu z wodą staje się kwasem. Może on wówczas połączyć się z zasadą, tworząc tym sposobem sól. Tak więc kwas węglany jest kwasem, wapno (tlenek calcium) — zasadą, a węglan wapnia — solą.

STRESZCZENIE. — CHEMJA.

Ciała proste i ciała złożone. Ciałami prostemi nazywamy takie, których nie możemy rozłożyć chemicznie.

Ciała złożone są połączeniem kilku ciał prostych (pierwiastków). Znamy obecnie 70 ciał prostych. Wszystkie metale są ciałami prostemi.

Większa część ciał prostych jest w stanie stałym, tak np. złoto, srebro, żelazo, miedź, cynk, ołów, cyna, siarka, węgiel, fosfor, arsen.

Z płynów dwa tylko zaliczamy do pierwiastków. Jednym z nich jest rtęć.

Z gazów należą tu tlen, wodór, azot i chlor.

Czy tlen łączy się tylko z metalami? Co tworzy tlen w połączeniu z węglem? A z siarką? Z fosforem? Z azotem? Co wiesz o kwasie azotnym? Jak nazywamy wogóle połączenia metali z tlenem?

Mieszaniny i związki. Jest wielka różnica pomiędzy związkiem i mieszaniną chemiczną.

W mieszaninie istota ciał nie zmienia się, przytem proporcje danych ciał są dowolne i nieokreślone. **Mieszanina** jest zjawiskiem czysto fizycznem.

W **związku** istota ciał zmienia się, przytem proporcje są zawsze proste i określone. Związek jest zjawiskiem chemicznem. Powietrze jest mieszaniną, woda jest związkiem.

Woda. Woda jest związkiem dwóch gazów: **wodoru i tlenu.** Wodę można z łatwością rozłożyć chemicznie, otrzymujemy wówczas dwie objętości wodoru i jedną objętość tlenu.

Wodór. Wodór jest gazem palnym. Jeżeli zapalimy mieszaninę powietrza z wodorem, wówczas następuje **wybuch**, przyczem wytwarza się woda. Wypadki takie zdarzają się w kopalniach węgla kamiennego, który wydziela gaz, spokrewniony z wodorem.

Gaz oświetlający jest również spokrewniony z wodorem; zmieszany z powietrzem wybucha przy zetknięciu się z ogniem.

Wodór jest 14 razy lżejszy od powietrza. Możnaby go używać do napełniania balonów, ale ponieważ otrzymywanie jego jest bardzo kosztowne, więc używamy w tym celu gazu oświetlającego, który jest 3 razy lżejszy od powietrza.

Tlen. Tlen podtrzymuje **palenie**; on to podsyca płomień w naszych piecach, on sprawia palenie się lamp, świec i t. d.

Tlen podtrzymuje **oddychanie**, a więc i życie ludzi, zwierząt i roślin.

Powietrze. Powietrze jest mieszaniną tlenu i azotu, przyczem tlenu znajduje się $^1/_5$, azotu zaś $^4/_5$.

Czysty azot możemy otrzymać za pomocą fosforu, który paląc się, pochłania tlen powietrza.

Azot. Czysty **azot** nie podtrzymuje palenia, ani oddychania, a więc życia.

Węgiel. Węgiel w połączeniu z tlenem i wodorem tworzy większość ciał roślinnych.

Podobnież w tłuszczach zwierzęcych i roślinnych węgiel jest połączony z wodorem i tlenem.

Jak nazywamy połączenia metali z ciałami niemetalicznemi? Jak nazywamy połączenia kwasów z zasadami? Powiedz, dlaczego węglan wapnia zaliczamy do soli?

W mięsie, mózgu i nerwach oprócz węgla, tlenu i wodoru znajduje się jeszcze azot.

Węgiel kostny jest to węgiel otrzymywany przez zwęglenie kości zwierząt.

Tak więc z połączenia czterech pierwiastków (węgla, tlenu, wodoru, azotu) są utworzone prawie wszystkie substancje ciał zwierzęcych.

Koks, będący pozostałością węgla po oddzieleniu zeń gazu, jest czystym węglem.

Grafit i djament są krystalicznemi odmianami węgla.

Tlenek węgla. Węgiel, paląc się wolno, łączy się z tlenem, by utworzyć gaz zwany tlenkiem węgla. Tlenek węgla jest trucizną gwałtowną. Jedna tysiączna tego gazu, domieszana do powietrza, sprowadza śmierć.

W kominach kuchni, we wszelkiego rodzaju piecach i piecykach tworzą się znaczne ilości tlenku węgla. Dlatego też trzeba, aby kominy dobrze ciągnęły, dlatego również nie powinniśmy nigdy zostawiać na noc w pokoju piecyka z palącemi się węglami.

Kwas węglany. Kiedy węgiel spala się raptownie, łączy się z tlenem, by utworzyć gaz zwany kwasem węglanym.

Gaz ten zawiera dwa razy więcej tlenu, niż tlenek węgla.

Kwas węglany, jakkolwiek mniej niebezpieczny niż tlenek węgla, może jednak spowodować poważne choroby, a nawet śmierć.

Człowiek, oddychając, pochłania tlen, wydziela zaś kwas węglany.

Kwas węglany tworzy się również przy fermentacji piwa i wina. Z tego powodu sale fermentacyjne są bardzo niebezpieczne i powinny być przewietrzane.

Węglan wapnia. Węglan wapnia jest połączeniem kwasu węglanego z wapnem. Kreda jest węglanem wapnia.

Tlenki. Wapno jest tlenkiem calcium, czyli związkiem tlenu z metalem calcium.

Tlen łączy się w podobny sposób ze wszystkiemi metalami, tworząc tlenki.

Żelazo rdzewieje na wilgotnem powietrzu; rdza jest połączeniem żelaza z tlenem powietrza; jest to tlenek żelaza.

Miedź pokrywa się na wilgoci śniedzią, to jest zielonawym proszkiem, zwanym grynszpanem. Jest to połączenie miedzi z tlenem powietrza, czyli tlenek miedzi.

Srebro i złoto nie utleniają się w powietrzu, wskutek czego znajdują się w ziemi w stanie rodzimym.

Przeciwnie zaś: żelazo, cynk, cyna, ołów występują prawie zwykle w połączeniu z tlenem lub siarką.

Wapno jest tlenkiem calcium. Potaż jest tlenkiem potasu. Soda jest tlenkiem sodu. Magnezja jest tlenkiem magnezu.

Kwasy. — Zasady. — Sole. Kwas węglany, siarczany (witryolej), fosforny i azotny są połączeniami tlenu z ciałami niemetalicznemi. Są to kwasy.

Wapno, potaż, soda, magnezja są zasadami.

Związki kwasów z zasadami tworzą sole. Tak np. węglan wapnia (kreda) jest solą, powstałą z połączenia kwasu węglanego i tlenku calcium.

TEMATY DO ĆWICZEŃ.

ĆWICZENIE 1-sze. Mieszaniny i związki.

ĆWICZENIE 2-gie. Skład wody. — Analiza wody za pomocą prądu. — Synteza wody.

ĆWICZENIE 3-cie. Wodór — ciało palne i wybuchające.— Ciężar wodoru w porównaniu z powietrzem — Gaz oświetlający.

ĆWICZENIE 4-te. Tlen. — Rola tlenu w paleniu się ciał. — Obecność jego w wodzie i w powietrzu.

ĆWICZENIE 5-te. Powietrze. — Jego skład. — Azot. — Przygotowywanie azotu za pomocą fosforu. — Własności azotu.

ĆWICZENIE 6-te. Woda jest związkiem, powietrze — mieszaniną.

ĆWICZENIE 7-me. Węgiel. — Obecność jego w ciałach roślin i zwierząt. — Różne postacie węgla.

ĆWICZENIE 8-me. Produkty spalania węgla. — Tlenek węgla. — Kwas węglany.

ĆWICZENIE 9-te. Analiza węglanu wapnia. — Jego synteza.

ĆWICZENIE 10-te. Tlenki. — Sole. — Kwasy.

VI. — FIZJOLOGJA ZWIERZĄT.

Bardzo zajmującą jest nauka o zwierzętach, roślinach i kamieniach: poznajemy ich nazwy, podobieństwa, różnicę, korzyści i szkody, jakie nam przynoszą. Bardzo zajmującą jest również nauka o spadaniu ciał, odbijaniu się światła, tworzeniu elektryczności. Ale o ileż więcej interesujące jest poznanie samego siebie, zbadanie czynników życia i inteligencji ludzi, a tem samem i zwierząt, wiecie już bowiem, że w gruncie rzeczy jest to zupełnie to samo. Nauka obejmująca zagadnienia życia, nazywa się Fizjologją (od słowa greckiego: „phisis“ — natura i „logos“—nauka.

Trzy zagadnienia Fizjologji. — 1-o **Odżywianie.** Spojrzyjcie na te małe kurczątka, biegające po podwórzu (fig. 1). Żadne z nich nie waży 100 gramów, lecz za kilka miesięcy staną się one tak duże, jak ojciec i matka, przybędzie im wówczas na wadze po 1 kilogramie. I już do końca swego życia zachowają jednakową wagę.

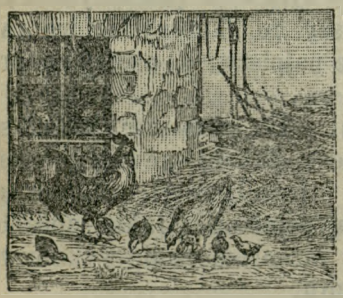


Fig. 1. Za sześć miesięcy kurczątka staną się tak duże, jak ich ojciec i matka: odżywianie.

Fig. 2. Kurczątka zlękły się: czucie. Patrzcie jak uciekają! ruch.

Jeżelibym was spytał, dlaczego kurczątka te stały się tak ciężkiemi, odpowiedzielibyście mi napewno, że dzieje się to skutkiem przyjmowania pokarmu. Bardzo dobrze! Ale czy myślicie, że w przeciągu sześciu miesięcy kurczątko połyka tylko jeden kilogram ziarnek? O! gospodyni wie dobrze, jak one są nienasycone, jak wiele ziarna idzie na wyżywienie tych ustawicznie grze-

Co to jest fizjologja?

biących ptaków! Z tego widzicie, że tylko bardzo mała część pożywienia pozostaje w ich ciele. Co więcej, kiedy kurczątka są duże, jedzą one jak przedtem, nie przybywa im jednak już nic na wadze. Cóż dzieje się więc z ziarnem zjadanem, cóż przyjdzie im z tego jedzenia?

Oto jest, moje dzieci, pierwsze zagadnienie fizjologji: Co staje się ze spożytemi pokarmami i dlaczego jemy? Zbytecznem jest mówić, że jeść musimy, gdyż inaczej umarlibyśmy z głodu. Jest to zagadnienie **odżywiania**.

2-o **Czucie**. 3-o **Ruch**. Chociaż zagadnienie odżywiania nie jest nader ważne, nie jest ono jednak ani najciekawsze, ani najtrudniejsze do rozwiązania ze wszystkiego, co dotyczy życia zwierząt.

Pawełku, otwórz okno prędko i z hałasem. Widzicie, jak kurczątka uciekają (fig. 2). Biedne maleństwa przestraszyły się. Bądźmy cicho, niech się uspokoją, a teraz rzuć im trochę chleba. Widzicie, jak przybiegają prędko z mateczką na czele. Czegóż to dowodzi?

Dowodzi to, że usłyszały one hałas, widziały ruchy twej ręki, słowem poczuły waszą obecność. Następnie zrozumiały one dobrze. że hałas i ruchy twe były wrogie w pierwszym razie, a przychylne w drugim. Zrozumiawszy to, kurczątka wprawiły w ruch nóżki i skrzydełka, aby uciec najpierw, a następnie przybiedz ku nam.

Oto dwa drugie zdania fiizjologji. Po pierwsze: jakim sposobem zwierzęta mogą czuć, rozumieć, nakazywać ruch swemu ciału? Jest to zagadnienie **czucia i inteligencji**. Po drugie: jakim sposobem wola ich może być wypełniana? Jakim sposobem ich ciało, łapki i skrzydła, posłuszne rozkazom woli, wykonywują poruszenia. Jest to zagadnienie **ruchu**.

Oto trzy wielkie zagadnienia życia. Rozpatrzymy je jedno po drugiem, zacząwszy od ruchu, gdyż badanie go, pociąga za sobą poznanie kości szkieletu, który musimy znać przedtem, nim przystąpimy do poznania zagadnień odżywiania i czucia.

I. — RUCH.

Trzy czynniki ruchu. Stań przy stole i połóż na nim rękę A (fig. 3). A teraz zegnij przedramię A, zbliżając je do ramie-

---

Jakie jest pierwsze zagadnienie fizjologji? Jakie jest drugie? A trzecie?

nia B (fig. 4). Dobrze: oto mieliście przykład ruchu. Objaśnijmy sobie, jak się to odbyło.

Wiecie dobrze, że ramię nasze składa się z jednej kości B (fig. 5), a przedramię C z dwóch kości. Kości ramie-

Fig. 3. Połóż rękę na stole.

Fig. 4. Zegnij przedramię A, zbliżając je do ramienia B.

Fig. 5. Kość C i B zginają się w stawie A łokcia.

nia i przedramienia stykają się z sobą w łokciu (w punkcie A), w tym właśnie miejscu możemy zginać rękę. Ruch twój przybliżył kość C do kości B. Zupełnie tak samo, jak zbliżają się do siebie dwa ramiona zginanego cyrkla. Kości te zginają się w łokciu, w miejscach połączenia, zwanych **stawami**.

Ale kości są to ciała twarde, jak kij, jakim więc sposobem mogą one wykonywać tak różnorodne poruszenia. Oto istnieje organ, zniewalający do ruchu. Organem tym są **muskuły**.

Zegnij rękę prawą, a lewą ujmij ją powyżej łokcia. Poczujesz wówczas doskonale w punkcie A (fig. 6) coś twardego, wystającego ponad zwykłą objętość ręki. Jest to muskuł, wprawiający w ruch rękę.

Znacie już zatem trzy czynniki ruchu: kości, stawy i muskuły.

Fig. 6. Czujesz w punkcie A coś twardego i grubszego od ręki. Jest to muskuł przedramienia.

1-o KOŚCI, CZYLI SZKIELET.

Wiecie już wszakże, że wszystkie kości, złożone w jedną całość, tworzą szkielet (fig. 7) i że szkielet ten składa się z trzech części: z kręgosłupa B, czaszki A i kości CC, stanowiących kończyny.

Co twardego odczuwamy pod skórą ramienia i przedramienia? Jak się nazywają miejsca połączenia kości? Jak się nazywa organ wprawiający w ruch kości? Jakie są trzy czynniki ruchu?

Różne kształty kości. Kości mają rozmaite kształty. Spojrzyjcie tylko na kości kurczęcia: oto kość A (fig. 8), długa i mająca kształt pałeczki, kości B są płaskie, kości C krótkie i bardzo dziwaczne. Nie bacząc jednak na te różnicę kształtu, wszystkie kości mają skład jednakowy.

Chemiczny skład kości. Kładę jedną z tych kości do kieliszka i nalewam na nią mocnego octu (fig. 9). Widzicie, że natychmiast wydzielają się z niej banieczki gazu: gaz ten jest kwasem węglanym. Kości bowiem zawierają węglan wapna. Zawierają one również fosforan wapna. Pamiętacie wszakże, że fosfor dobywają z kości.

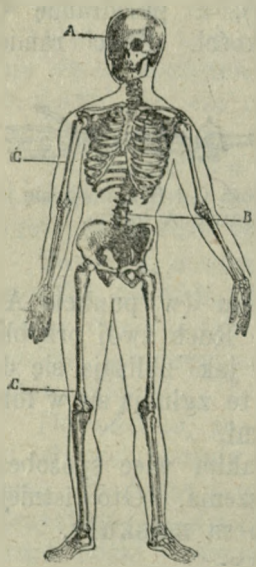


Fig. 7. Szkielet człowieka. A czaszka. B kręgosłup. C kości członków.

Fig. 8. Kości kurczęcia.


Fig. 9. Kości zawierają węglan wapna, fosforan wapna i materję organiczną. Fosfor dobywają z kości.

A oto jest kość, która leżała dwa dni w occie. Węglan wapna i fosforan wapna rozpuściły się: kość jest teraz pałeczką giętką i miękką. Kładę ją w ogień: widzicie, że spala się najzupełniej. Jest to tak zwana substancja organiczna, żyjąca część kości. Widzicie więc, że kości składają się z materji organicznej, i materji kamienistej, mineralnej, ściśle z sobą połączonych.

Materja mineralna zjawia się dopiero później. Kości dzieci bardzo małych nie zawierają jej wcale; zjawia się ona miejscami dopiero z wiekiem. Dlatego to właśnie kości dzieci nowonaro-

---

Co to jest szkielet? Z jakich części się składa? Czy wszystkie kości mają jednakowy kształt?

Jakie dwie sole wapna zawierają kości? Co dobywamy z kości? Co pozostaje w kości, kiedy węglan i fosforan wapna rozpuszczają się w occie? Jak nazywamy te substancje? Jaką rolę odgrywa ona w kości? Z czegóż więc składają się kości? Jaką własność mają kości małych dzieci? Jak się nazywają te kości miękkie?

dzonych są miękkie, są to chrząstki, podobne do tych chrząstków cielęcych, które wam zaraz pokażę.

Fig. 10. Kość jest wydrążona i napełniona szpikiem kostnym, który ma własność tworzenia kości.

Fig. 11. Krąg królika. Widać materję gębczastą A. (Zobacz otwór B, na następnej stronicy, fig. 13).

Budowa kości. Przetnijmy wpoprzek tę oto kostkę królika. Kość ta jest kością uda (fig. 10). Widzicie, że kość ta jest wydrążona i tworzy rodzaj kanału. Kanał ten jest wypełniony substancją, zwaną szpikiem kostnym. Szpik ten ma własność tworzenia kości, dzięki niemu zrasta się kość złamana.

A oto jeden z kręgów królika (fig. 11); przecinam go również wpoprzek. Widzicie, że niema tu kanału napełnionego szpikiem; szpik czyli rdzeń istnieje tu umieszczony w siatce A, podobnej do gąbki.

Kręgosłup. Kręgosłup AB (fig. 12) jest utworzony z całego szeregu kręgów A, ułożonych jeden na drugim. Każdy krąg (fig. 13) składa się z mocnej masy A, oraz pierścienia B, umieszczonego z tyłu. Mówię z tyłu, ponieważ mam na myśli szkielet człowieka; u zwierząt zaś czworonożnych, chodzących na czworakach, pierścień ten znajduje się na wierzchu.

Wszystkie pierścienie, ułożone jeden na drugim, tworzą kanał, zwany kanałem rdzeniowym.

Kręgi kręgosłupa można podzielić w sposób następujący: siedem kręgów szyjowych C,

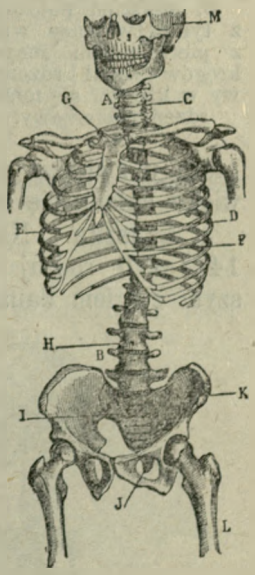


Fig. 12. AB kręgosłup mający z tyłu kanał rdzeniowy.
E, żebra. F, chrząstki.
G, mostek. I, kość krzyżowa. J, Kość ogonowa.
K, kość biodrowa.
Z, kość udowa.
C, kręgi szyjowe.
D, „ grzbietowe.
H, „ lędźwiowe.
I, „ krzyżowe.

Co znajduje się wewnątrz kości? Jaką własność ma rdzeń kostny? Z czego jest utworzony kręgosłup? Z jakich części składają się kręgi?

dwanaście kręgów grzbietowych D, z których każdy ma po dwa żebra E, po jednem z każdej strony. Żebra te kierują się ku przodowi, zaokrąglają i łączą z żebrami przeciwległemi za pomocą chrząstek F, oraz płaskiej kości G, zwanej mostkiem, który łatwo namacać możecie na przodzie piersi. Dwie ostatnie pary żeber nie dochodzą do mostku. Kręgi grzbietowe, żebra, chrząstki i mostek tworzą rodzaj klatki, szerszej u dołu, niż u góry. Klatkę tę nazywamy klatką piersiową.

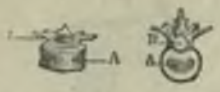


Fig. 13.
Krąg widzi- Krąg widzimy z przodu. my z góry.
A, masa kręgowa.
B, pierścień położony z tyłu, tworzący wraz z pierścieniami innych kręgów kanał rdzeniowy w którym się mieści rdzeń pacierzowy.

Za kręgami grzbietowymi idą kręgi lędźwiowe H, bez żeber, podobne do kręgów szyi C. Następnie mamy kość krzyża I, utworzoną z pięciu kręgów zrośniętych. Nakoniec idzie kość ogonowa J, która u zwierząt przechodzi w ogon o licznych kręgach, u człowieka składa się tylko z dwóch lub trzech kręgów.

Czaszka. Na wierzchu kręgosłupa mieści się czaszka (fig. 14), czyli rodzaj pudełka z kości, którego wydrążenie jest dalszym ciągiem kanału rdzeniowego.

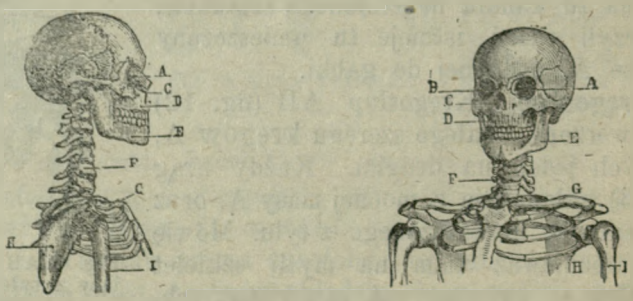


Fig. 14. Czaszka.

A, B, Oczodoły.
C, Jamy nosowe.
D, Szczęka górna, nieruchoma.
E, Szczęka dolna, ruchoma.
F, Kręgi szyi.
G, Obojczyk.
H, Łopatka.
I, Kość ramieniowa.

Co tworzą pierścienie kręgów? Jak się dzielą kręgi? Z ilu kręgów składa się szyja? Ile jest kręgów grzbietowych? Co szczególnego mają kręgi grzbietowe? Jak łączą się żebra?

Co tworzą kręgi grzbietowe, żebra, chrząstki i mostek? Jakie kręgi idą za kręgami grzbietowemi? A za lędźwiowemi? Co znajduje się na wierzchu kręgosłupa? Co leży we wklęśnieniach, znajdujących się na przodzie czaszki? Czy szczęka górna jest ruchoma?

Czaszka składa się z mnóstwa kości, których nazwy poznacie nieco później. Na przodzie czaszki znajdują się wklęśnienia, czyli **oczodoły** AB, potem idą **jamy nosa** C i dwie **szczęki** D, E, opatrzone zębami. Szczęka górna D jest przytwierdzona do czaszki, szczęka dolna E jest ruchoma.

Oto główne części szkieletu, takiego, jaki mają węże i niektóre ryby. Ale szkielet zwierząt wogóle, a w szczególności szkielet ludzki, oprócz czaszki i kręgosłupa, posiada jeszcze **kości kończyn**.

Kości kończyn. Kończyny górne (fig. 15), zwane przedniemi u czworonożnych, składają się z kilku części: ramienia, przedramienia, napięstka, śródpięścia i palców.

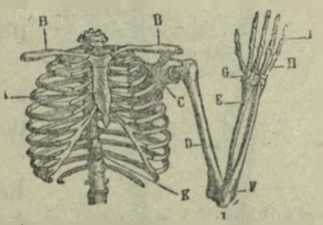


Fig. 15. Kończyna górna (ramię i przedramię). A, mostek. B, obojczyk. C, łopatka, D, kość ramieniowa. E, kość promieniowa (przedramię). F, kość łokciowa (przedr). G, kości napiąstka. H, kości śródpięścia. I, kości palców. J, łokieć.

Kość D jest więc kością **ramieniową**; E kością **promieniową**; F, kością **łokciową**; G, kością **napięstka**; H, kością **śródpięścia**; I, kośćmi palców, kośćmi o przedziałach. W gruncie rzeczy kości śródpięścia mają również przedziały, z tą tylko różnicą, że przedziały te nie są wolne, jak u palców; w skrzydle nietoperza są one najzupełniej swobodne i każdy palec wydaje się utworzony z czterech kości A, B, C, D (fig. 16).

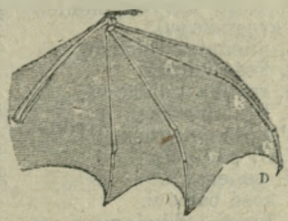


Fig. 16. Koniec skrzydła nietoperza. Palce zdają się być utworzone, z czterech kości A,B,C,D.

Przedramię składa się z dwóch kości: z kości promieniowej E i kości łokciowej F, której górny koniec tworzy łokieć J. W miejscu tem ręka może się zginać, to jest robić ruch, zbliżający przedramię do ramienia. Druga kość, kość promieniowa E, poruszając się, wprawia w ruch przedpięście i wogóle całą rękę; jak widzicie, ruch ten jest nader ważny, dzięki niemu możemy wykonywać tysiące czynności tak potrzebnych w życiu. Żadne ze zwierząt nie posiada tej łatwości w poruszeniach kości promieniowej.

Z jakich części składają się kończyny górne? Z ilu kości składa się ramię? Z jakich kości składa się przedramię?

Ramię łączy się ze szkieletem zapomocą dwóch kości: łopatki C (fig. 15) i obojczyka B. Łopatka jest to kość płaska, połączona z kością ramieniową D za pomocą stawu. Łopatka znajduje się z tyłu i opiera się na żebrach, nie będąc z niemi spojona. Obojczyk B jest to kość poprzeczna, idąca od łopatki C, z którą łączy się za pomocą stawu, następnie idzie do mostka A, do którego jest przytwierdzony nieruchomo.

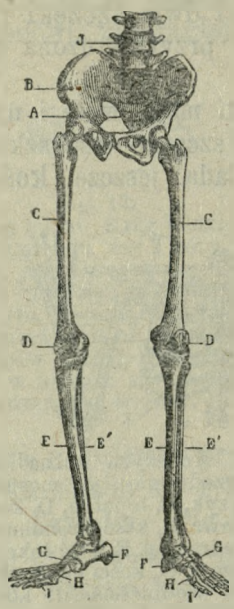


Fig. 17. Kończyna dolna. (udo, goleń, stopa).
A, kość krzyża (koniec kręgosłupa).
B, miednica (biodro).
C, kość udowa.
D, rzepka kolanowa.
E, kość piszczel. } łydka
E', kość goleniowa }
F, G, podbicie.
H, podeszwa.
I, kość palców.
J, kręgi lędźwiowe.

Kończyny dolne (fig. 17), składają się z kości uda, goleni (od kolana do stopy), podbicia, podeszwy i palców.

Kość C jest kością uda; kość piszczelowa E' i goleniowa E stanowią łydkę; kości F, G, są kośćmi podbicia; H — kością podeszwy; I — kośćmi palców.

Goleń jest to gruba kość E, umieszczona na przodzie łydki; ona to podtrzymuje ciało od podbicia F aż do kości uda C; piszczel jest to kość długa i cienka.

Kości udowe C łączą się za pomocą stawów z szeroką i mocną obręczą kostną B, którą nazywamy miednicą (biodrem).

Miednica jest przytwierdzona w tyle do kości krzyża A (dolny koniec kręgosłupa) i stanowi podstawę, na której opiera się górna część ciała.

A teraz przejdziemy do stawów.

2-o STAWY.

Stawy są to, jak wam już mówiłem, miejsca D (fig. 18), w których łączą się pomiędzy sobą dwie lub kilka kości. Połączenia te są ruchome i powodują zginanie się kości.

Z jaką kością łączy się w górze kość łokciowa? Jaką właściwość posiada kość promieniowa? Za pomocą czego ramię łączy się ze szkieletem?

Kości stawów są pokryte cienką, błyszczącą błoną, zwilżoną gęstawym płynem, który zapobiega tarciu się kości. Płyn ten mieści się w błonach, mających kształt woreczków i umieszczonych w stawach; nadto kości stawów łączą się z sobą krzepkiemi, utrwalającemi więzami B (fig. 19).

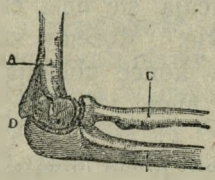


Fig. 18.
A, kość ramien. B, kość łokc.
C, kość prom. D, staw.

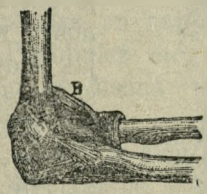


Fig. 19.
B, więzy stawów.

Kiedy, wskutek złego stąpnięcia, więzy te są nadszarpnięte lub nawet rozerwane, mówimy, iż nastąpiło zwichnięcie członka; kiedy złe stąpnięcie było tak silne, że zerwało zupełnie więzy i oddzieliło kości, wówczas mówimy, że zaszło wybicie ze stawu. Wtedy trzeba koniecznie, jak można najprędzej, nastawić kości, czyli przywrócić im dawne położenie.

Stawy mają kształty bardzo rozmaite, zezwalające na poruszenia różnego rodzaju. Ale szczegułów tych nie będziemy teraz badać.

3-o MUSKUŁY.

Zajmiemy się teraz muskułami, które są najważniejszym czynnikiem ruchu.

Trzeba wam wiedzieć, że to, co w fizjologji nazywają muskułami lub mięśniami, jest w gruncie rzeczy tem, co w mowie potocznej nazywamy mięsem. Są to włókienka czerwone C (fig. 20), ułożone jedne obok drugich i tworzące wiązki, przytwierdzone obydwoma końcami do kości. Niektóre mięśnie stają się na końcach cieńsze i przechodzą w rodzaj nitek białych A, A, zwanych ścięgnami. Muskuł działa wówczas przez pośrednictwo

---

Z jakich części składają się kończyny dolne? Jak się nazywają kości ydki? Z czem łączą się kości uda? Z jaką kością łączy się miednica? Co to est staw? Za pomocą czego są połączone stawy?

ścięgna, zupełnie jak człowiek, który częstokroć przyciąga coś ku sobie nie rękoma, lecz za pomocą sznurka. To bardzo ułatwia zadanie.

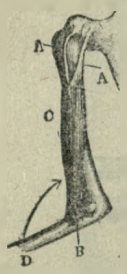


Fig. 20. C, muskuł ramienia. A, A, ścięgna. Kiedy muskuł C kurczy się. kość D wznosi się w górę.

Zdolność kurczenia się muskułów. Włókienka mięśni mają szczególną własność. Kiedy je uderzamy, kłujemy, parzymy, lub wogóle drażnimy, wówczas skracają się one, czyli **kurczą**, jak mówią fizjologowie. Możemy zauważyć doskonale, że dwa ich końce zbliżają się wtedy do siebie, a wraz z niemi i kości, do których są przytwierdzone.

To właśnie zaszło przed chwilą, gdyś zginał rękę, Julku. Jeden z muskułów twej ręki zaczyna się w punkcie A, t. j. u góry kości ramieniowej i idzie do punktu B, t. j. do miejsca, w którem się zaczyna kość łokciowa. Ponieważ kość ramieniowa jest przytwierdzona w górze nieruchomo, więc muskuł, skracajac się, pociąga za sobą kość łokciową wraz z ręką i całem przedramieniem. Rzecz jasna, że muskuł nie może skracać się, nie grubiejąc, dlatego to właśnie zginając rękę, czujecie coś twardego i grubego, wystającego ponad zwykłą objętość ręki.

Fig. 21. Dotykam końców muskułu A dwoma biegunami stosu B; patrzcie, jak muskuł kurczy się natychmiast.

Kurczenie się muskułów jest bardzo ciekawem zjawiskiem. Patrzcie; oto królik, którego tylko co zabito na obiad. Zdjęto zeń skórę, ale zwierzątko jest jeszcze ciepłe. Pawełku, idź prędko do szafy i przynieś nasz stos elektryczny, ale do tego, bym

---

Co to jest zwichnięcie? A co wybicie kości ze stawów? Jak nazywamy muskuły w mowie potocznej? Co to są muskuły? Co to są ścięgna? Jaką własność mają muskuły? Jaki jest skutek kurczenia się muskułów?

mógł wprawić go w działanie, trzeba, abyś mi przyniósł trochę także octu. Tymczasem ja podrażnię muskuł królika, nasypawszy nań soli: widzicie jak muskuł grubieje, kurczy się i wprawia w ruch nogę, do której jest przytwierdzony.

A oto nasz stos gotowy: dotykam dwoma biegunami oba końce muskułu A (fig. 21): widzicie, że kurczy się on natychmiast.

Liczba i rozmaitość muskułów. Podobnież mogę postępować i z innemi muskułami; widzicie więc, że można wywoływać rozmaite poruszenia w ciele naszego królika.

Muskuły bowiem są bardzo liczne. Jedne z nich wprawiają w ruch nogi, inne sprawiają zginanie i wyciąganie palców; inne powodują poruszenia głowy, zgięcia kręgosłupa, podnoszenie się i opadanie żeber i t. d. Ażeby dać wam pojęcie o ich liczbie, powiem wam, iż znaleziono i opisano dotychczas więcej, niż sto muskułów w ciele człowieka, a każdy z nich ma swą rolę i przeznaczenie. Rzecz oczywista, iż nie będziemy rozpatrywali wszystkich muskułów ciała, jest to rzecz doktorów i chirurgów, którzy muszą doskonale znać anatomję, czyli naukę o budowie ciała.

Sztywność trupia. Spojrzyjcie, oto muskuły królika nie kurczą się już prawie wcale; za kilka minut staną się one zupełnie sztywne. Jest to sztywność trupia, która trwa aż do chwili, w której muskuły zaczną gnić, to jest trup zacznie się rozkładać.

Ruchy przenoszenia się z miejsca na miejsce. Dzięki mięśniom człowiek może wykonywać bardzo wielką liczbę ruchów: opuszczać i podnosić głowę, ręce, nogi, otwierać lub zamykać usta, oczy i t. p. Ale najbardziej zajmującemi są te ruchy, dzięki którym przenosimy się z miejsca na miejsce; chodzimy, biegamy i t. d.

Opowiem wam teraz nieco o tych poruszeniach.

Stanie. — Ale najpierw trzeba, abyście poznali działanie muskułów wtedy, gdy stoimy spokojnie.—Dziwi to pana Piotra?— Tak, panie, bo jakież może być działanie muskułów wtedy, gdy stoimy spokojnie? Wszakże nie robimy wówczas żadnego ruchu, muskuły nasze powinny być zatem w zupełnym spokoju. — Uwaga twoja wydaje się słuszną, a jednak rzecz się ma inaczej. Stań tu koło mnie, chłopcze, i powiedz mi, czy mógłbyś zostać długo w tej pozycji? — O! proszę pana, to bardzo męczy! — A dla-

---

Jaki jest skutek kurczenia się muskułów przedramienia? Jakie są sztuczne środki kurczenia muskułów? Co się dzieje z muskułami w jakiś czas po śmierci zwierzęcia?

Kiedy mięśnie przestają sztywnieć?

czegóż to jest męczące? — Bo trzeba trzymać się prosto? — Trzymając sztywno nogi, plecy, całe ciało, czyż nie tak? Bo cóżby się stało, gdybyś nie stał sztywno?—Nogi by mi się zgięły i upadłbym na ziemię. — Naturalnie, a zatem nie chcąc upaść, musisz robić pewien wysiłek, musisz się trzymać sztywno, czyli kurczyć muskuły. Uważajcie dobrze.

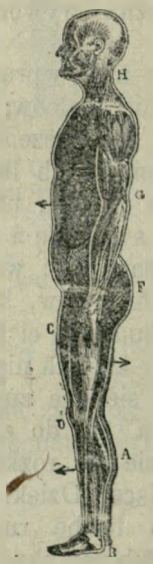


Fig. 22. Stanie w miejscu nie jest wypoczynkiem: wymaga ono bowiem kurczenia się muskułów. A, muskuł łydki nie pozwala jej zgiąć się ku przodowi. C, muskuł, który nie dopuszcza, aby udo zgięło się ku tyłowi. F, muskuły nie dające ciału paść naprzód. G, muskuły lędźwi, podtrzymujące kręgosłup. H, muskuły szyi, podtrzymujące głowę.

Oto trzymasz nogę opierając się silnie o ziemię. Musisz robić pewien wysiłek, gdyż inaczej łydka DB zgięłaby się ku przodowi. Ażeby tego nie dopuścić muskuły A łydki (fig. 22), idące od golenia do pięty, kurczą się silnie. Czy czujesz, jak twardnieją one w tem miejscu? Musisz również robić pewien wysiłek udem, gdyż inaczej część ta D-C, zgięłaby się ku tyłowi. Ażeby temu zapobiec, ogromny muskuł C, idący od kości uda do golenia, kurczy się, podtrzymując tym sposobem udo. Muskuł ten zasługuje na szczególną uwagę. — W dolnej swej części (D) kończy się on dużem ścięgnem, co zresztą spotyka się często, ale niezwykłem jest to, że pośrodku tego ścięgna znajduje się oddzielna okrągła kość, zwana rzepką. Rzepka przytyka z jednej strony do uda, z drugiej do goleni i zakrywa sobą staw kolana.

Oto wszystko, co się tyczy uda i łydki, a teraz uważajcie dalej. Główna część ciała padłaby naprzód, gdyby nie była podtrzymywana przez duże muskuły F, przytwierdzone z tyłu do miednicy (biodra). Wreszcie różne części kręgosłupa i głowa

---

Czy aby stać prosto nie potrzebny jest żaden wysiłek? Co wiesz o muskule, który nie pozwala zgiąć się naprzód łydce? Co powiesz o muskule, który podtrzymuje udo i nie pozwala mu zgiąć się ku tyłowi? Co szczególnego jest w tym muskule? Co powiesz o muskule, który nie pozwala ciału paść naprzód?

podtrzymywane są przez kurczenie się muskułów lędźwi G i muskułów szyi H.

Widzicie zatem, że pozycja stojąca nie jest wcale odpoczynkiem dla ciała. Dlatego to, stojąc dłużej odczuwamy ból łydek, ud, pleców i karku. Pozycja siedząca również nie jest odpoczynkiem dla całego ciała; siedząc bowiem prosto, musisz trzymać sztywno muskuły kręgosłupa i głowy. Aby temu zapobiec, wynaleziono krzesła z poręczami; uczniowie w klasie pokładają się na stołach nie bacząc na to, że pozycja taka przyprawia często o skrzywienie łopatek i kręgosłupa.

Chodzenie i bieganie. Dość tego stania, Piotrusiu, pochyl się teraz całem ciałem ku przodowi, dobrze, jeszcze więcej, jeszcze, jeszcze... O mało co nie upadłeś, a czując, że padasz, wystawiłeś prędko lewą nogę naprzód: zrobiłeś krok. Stoisz teraz pewnie, z lewą nogą wysuniętą.

No, a pochyl się znowu ku przodowi, jeszcze więcej; znów o mało co nie upadłeś, a czując to, wystawiłeś tym razem nogę prawą: tym sposobem zrobiłeś drugi krok — szedłeś. Chodzenie jest więc szeregiem padań, powstrzymywanych w porę wystawianiem nóg.

Przy chodzeniu jedna z nóg pozostaje na ziemi na przemiany: to jedna, to obydwie. Przy bieganiu nogi poruszają się tak prędko, że nie dotykają nigdy ziemi obie w jednym czasie; przytem, co pewien przeciąg czasu, ciało podskakuje i znajduje się zupełnie w powietrzu. Bieganie jest zatem szeregiem skoków.

Jest bardzo wiele sposobów przenoszenia się zwierząt z miejsca na miejsce. Czworonożne chodzą, biegną truchtem, galopują i t. d. Ptaki fruwają, zwierzęta wodne pływają, gady pełzają. Wszystkie te ruchy powstają skutkiem kurczenia się muskułów, które, kurcząc się, pociągają za sobą twarde części ciała. U kręgowców twardemi częściami ciała są kości; u niekręgowych, owadów naprzykład, rolę kości gra stwardniała skóra. W każdym jednak razie muskuły są najważniejszym czynnikiem ruchu.

Ruchy dobrowolne i ruchy mimowolne. Ruchy, o których mówiliśmy dotąd, są ruchami dobrowolnemi. Od woli twojej za-

---

Co powiesz o muskułach, które podtrzymują kręgosłup i głowę? Czy pozycja stojąca jest odpoczynkiem dla ciała? A siedząca? Co to jest chodzenie? Co to jest bieganie? Jakie są sposoby przenoszenia się zwierząt z miejsca na miejsce? Jak się odbywają ruchy? Co zastępuje kości zwierzętom niekręgowym? Daj przykład ruchów dobrowolnych.

leży bowiem podnoszenie lub niepodnoszenie rąk, chodzenie, otwieranie lub nieotwieranie ust i t. d.

Są jeszcze ruchy, które możemy wykonywać, gdy chcemy, ale którym oprzeć się nie jesteśmy w stanie. Tak naprzykład, możesz mrużyć oko jeżeli chcesz, ale jeżeli ja dotknę się twego oka, to musisz go zmrużyć natychmiast; możesz, jeżeli chcesz, oddychać prędko, ale nie jesteś w stanie zatrzymać ruchów oddechowych. Włóż do ust kawałek chleba, pogryź go dobrze, możesz z nim robić wszystko, co zechcesz, ale z chwilą, kiedy kawałek ten dostaje się do głębi gardła, przestałeś nim rozporządzać, chleb jest pochwycony, połknięty, a ty nie możesz się temu oprzeć. Oto jest drugi rodzaj ruchów które mogą być czasami dobrowolnemi, czasami zaś mimowolnemi.

Oprócz tych są jeszcze ruchy **mimowolne**, których nie możemy według życzenia swego wykonywać, ani im zapobiegać, których istnienia nie podejrzewamy nawet częstokroć. Tak np., nie położywszy ręki na sercu, nie zdajemy sobie sprawy z jego uderzeń, jak również nie domyślilibyśmy się nigdy, że żołądek nasz i kiszki kurczą się przy trawieniu pokarmów i napróżno staralibyśmy się zwiększyć liczbę uderzeń naszego serca i skurczów żołądka.

Te właśnie ruchy mimowolne, nad któremi panować nie jesteśmy w stanie, grają najważniejszą rolę w zachowaniu naszej egzystencji.

Gdybyśmy mogli zatrzymać bicie serca, lub oddychanie, to umarlibyśmy niezawodnie, lepiej więc, że ruchy te nie zależą od naszej woli.

STRESZCZENIE. — RUCH.

Trzy zagadnienia fizjologji stanowią: **odżywianie, czucie i ruch.**

Ruch. Czynnikami ruchu są: kości, stawy i muskuły.

Kości. Szkielet składa się z trzech części: kręgosłupa, czaszki i kości kończyn.

Kości składają się z materji organicznej czyli żyjącej i materji kamienistej, utworzonej z węglanu i fosforanu wapna.

Daj przykład ruchów, które możesz wykonywać, gdy chcesz, ale którym nie możesz się oprzeć. — Daj przykład ruchów mimowolnych.

Wewnątrz kości znajduje się szpik, mający własność tworzenia kości.

Kręgosłup. Kręgosłup jest utworzony z kręgów, składających się z masy kręgowej i pierścieni.

Pierścienie te są ułożone jeden na drugim, tworząc tym sposobem kanał, zwany kanałem rdzeniowym. Kanał ten łączy się z wnętrzem czaszki.

Kręgi grzbietowe mają po dwa żebra, po jednym z każdej strony. Żebra łączą się z sobą zapomocą chrząstek i mostka, tworząc tym sposobem klatkę piersiową.

W dolnej części kręgosłupa mamy pięć kręgów spojonych, tworzących razem kość krzyża, połączoną z kością miednicy (biodra).

Czaszka. Na wierzchu kręgosłupa znajduje się czaszka. Na przedniej jej stronie mieszczą się orbity oczu, jamy nosa, a pod spodem dwie szczęki, opatrzone zębami. Szczęka górna jest nieruchoma i przytwierdzona do czaszki, szczęka dolna może podnosić się i opadać.

Kości kończyn. Kości kończyn górnych są to: kość ramieniowa, idąca od ramienia do łokcia; kość promieniowa i łokciowa, idące od łokcia do napięstka: kości napięstka, kości śródpięścia i kości palców.

Kość ramieniowa łączy się zapomocą stawu z łopatką, która znajduje się z tyłu i opiera na żebrach, nie będąc z nimi spojoną.

Łopatkę podtrzymuje obojczyk, idący od łopatki do mostka i przytwierdzony doń silnie.

Kości członków dolnych są to: kość udowa, idąca od biodra do kolana; goleń i piszczel, idące od kolana do stopy; kości podbicia, kości podeszwy i kości palców.

W kolanie znajduje się kość okrągła, zwana rzepką kolanową.

Kości uda łączą się zapomocą stawów z kośćmi miednicy, która jest połączona z tyłu z kością krzyża (dolny koniec kręgosłupa).

Stawy. Stawy są to miejsca, w których łączą się z sobą kości. Połączenia te są ruchome i sprawiają zginanie się kości.

Kości stawów łączą się z sobą zapomocą mocnych wiązadeł, zwanych więzami stawowemi.

Kiedy więzy są naderwane, mamy do czynienia ze zwichnięciem członka, kiedy więzy są zupełnie zerwane, a kości oddzielone jedna od drugiej, wówczas zaszło wybicie członka ze stawu.

Muskuły. Muskuły, zwane w mowie potocznej mięsem, są to włókna czerwone, ułożone jedne obok drugich i tworzące wiązki, przytwierdzone obu końcami do kości. Muskuły mają własność kurczenia się, czyli skracania.

Niektóre muskuły stają się na końcach cieńsze i przechodzą w rodzaj nitek białych, zwanych ścięgnami. Takimi są muskuły, wprawiające w ruch ręce, nogi, głowę, szczęki, wargi, policzki, oczy i t. d.

W pozycji stojącej ciało nie odpoczywa, ponieważ wówczas muskuły kurczą się i tylko dzięki temu ciało nasze nie pada naprzód lub w tył.

Podnoszenie ramion, nóg, otwieranie ust należy do ruchów dobrowolnych. Są również ruchy, które mogą być czasami dobrowolne, czasami mimowolne, jak np. mrużenie oczu. Oprócz tego istnieje pewien rodzaj ruchów mimowolnych, nad którymi człowiek zapanować nie może. Do nich należą: bicie serca, skurcze żołądka, oddychanie.

II. ODŻYWIANIE.

Jak i dlaczego jemy? Wiecie bowiem, że człowiek przyjmuje pokarmy, trawi je, pochłania prawie całkowicie, oprócz niektórych pozostałości nieużytecznych, które są wydzielane na zewnątrz. Ale jak się to odbywa i do czego służy? Oto pytanie na które odpowiem wam zaraz.

I-o TRAWIENIE.

Wiecie wszyscy, że pokarmy kładziemy do ust i połykamy jeżeli są one w postaci płynów lub drobnych kawałków. Pokarmy, których nie możemy połknąć odrazu, rozgryzami zębami, aby je rozdrobnić.

Zęby. Żucie pokarmów odbywa się zapomocą **zębów**, które rozgryzają i miażdżą, oraz **języka**, organu mięśniowego, bardzo ruchliwego, który podsuwa pokarmy pod zęby, a rozgryzione zwija w kulkę, ułatwiając tym sposobem przełykanie.

Jak się odbywa żucie pokarmów? Jakie są różne rodzaje zębów?

Zęby mają kształt rozmaity (fig. 23). Przednie A, które zwą się siekaczami, służą do rozgryzania pokarmów; boczne śpiczaste B, są to kły, za kłami idą płaskie i szerokie zęby trzonowe C, przeznaczone do rozcierania pokarmów. Człowiek dorosły powinien mieć w każdej szczęce po 4 zęby sieczne, po 2 kły i po 10 trzonowych, czyli razem 32 zęby.

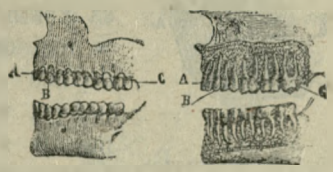


Fig. 23. Szczęka ludzka: widać zęby pokryte dziąsłami i zęby odkryte. A, siekacze. B, kły. C, trznowe.

Dzieci do lat siedmiu mają tylko po 4 trzonowe w każdej szczęce, mają więc tylko po 20 zębów. Po latach siedmiu pierwsze zęby, tak zwane mleczne, wypadają i zaczyna się drugie ząbkowanie.

Liczba i kształty zębów są różne u rozmaitych zwierząt. Spojrzyjcie tylko, o ile zęby kota (fig. 24) różnią się od zębów


Fig. 24. Szczęki kota.

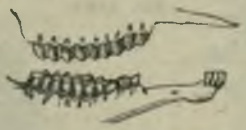


Fig. 25. Szczęki barana.


Fig. 26. Szczęki królika.

barana (fig. 25) lub królika (fig. 26). Ale skład zębów jest zawsze jednakowy. Zęby są zbudowane z mocnej masy kostnej, bardzo twardej i zbitej, i składają się z jednego lub kilku korze-

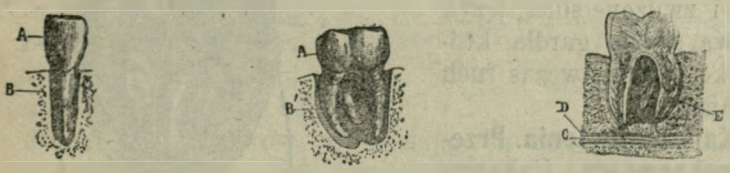


Fig. 27. Zęby człowieka.
A, część zęba, pokryta emalją. B, korzeń zęba, umieszczony w otworze szczęki. C, żyła. D, arterja (naczynia krwionośne). E, wiązki nerwów.

ni B, B¹ (fig. 27), osadzonych w otworach szczęki, oraz korony wystającej nad dziąsłem. Korona A jest pokryta emalją, sub-

---

Ile zębów powinien mieć człowiek dorosły? Ile siekaczy? Ile kłów? Ile trzonowych? Ile zęoów ma dziecko do lat siedmiu? Z czego są utworzone zęby? Jak są one osadzone? Czem pokryta jest korona zęba?

stancją przezroczystą, jeszcze twardszą od masy kostnej. W środku zęba znajduje się zagłębienie, ku któremu kierują się naczynia krwionośne C, D i nerwy. Kiedy emalja zęba jest naruszona, wówczas masa kostna psuje się bardzo prędko, tworzy się w niej dziurka i ząb próchnieje; jeżeli dziurka dojdzie do zagłębienia, w którem znajdują się nerwy, wówczas ząb zaczyna boleć, a wiecie już pewnie z doświadczenia, jak ból ten jest przykry i dokuczliwy.

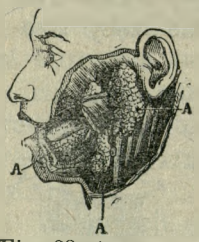


Fig .28. A, gruczoły ślinowe.

Ślina. Żucie pokarmów ułatwia nam bardzo ślina, płyn wydzielajacy się z gruczołów ślinowych A (fig. 28).

Gruczołami nazywamy narządy, które wytwarzają i wydzielają płyny w organizmie. Tak np. łzy wytwarzają się w gruczołach łzawych, pot w gruczołach potowych i t. d.

Ślina dostaje się do ust przez otworki; niektóre z nich są umieszczone pod językiem.

Połykanie. Kiedy pokarmy są dobrze już zmiażdżone i zwilżone śliną, język podsuwa się do gardła, które wykonywa wówczas ruch połykający.

Kanał trawienia. Przewód pokarmowy. Pokarmy połknięte wstępują do długiej rurki A (fig. 29), czyli kanału pokarmowego, idącego wzdłuż piersi, i dostają

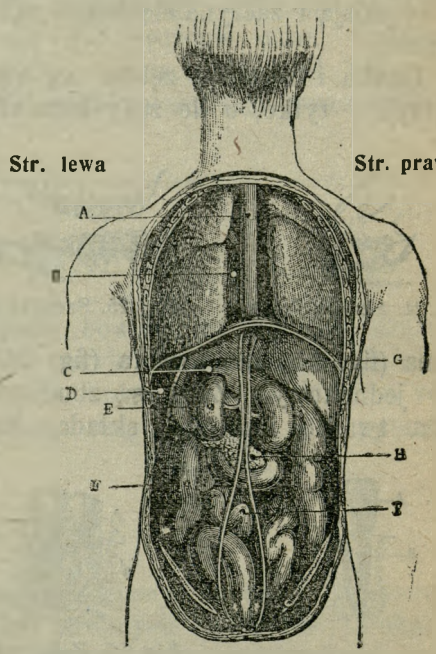


Fig. 29. Narządy klatki piersiowej i jamy brzusznej — przedzielone przeponą. A, kanał pokarmowy. B, serce, C, żołądek. D, śledziona. F, kiszka gruba. G, wątroba. I, kiszki cienkie.

Co znajduje się w zagłębieniu zębów? Kiedy zjawia się próchnienie? Kiedy odczuwamy ból zębów? Jaki płyn ułatwia żucie pokarmów? Co to są gruczoły?

Skąd bierze się ślina w ustach? Co to jest połykanie?

się tym sposobem do **żołądka**. Rurka ta jest bardzo długa u zwierząt o długiej szyi, np. konia, gęsi i t. d.

Zołądek jest to rodzaj torebki, mogącej pomieścić 2 litry pokarmów. Stamtąd pokarmy przechodzą do **kiszek** cienkich I, rurek nieco grubszych od wielkiego palca i pokręconych. Z kiszek cienkich, pokarmy wstępują do **kiszki** grubej F, która wyprowadza na zewnątrz pozostałości nieużyteczne.

W ściankach kiszek umieszczone są muskuły, które kurcząc się, wytwarzają ruch, przepychając tym sposobem pokarmy przez kanał trawienia (przewód pokarmowy).

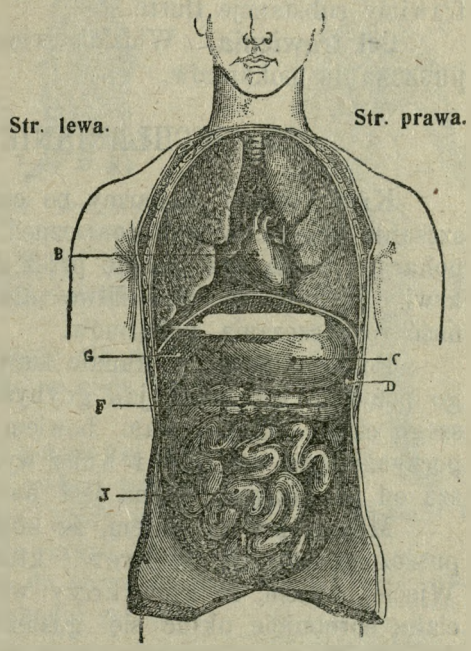


Fig. 30. Narządy klatki piersiowej i jamy brzusznej. B, serce. C, żołądek. D, śledziona. F, kiszka gruba. G, wątroba. I, kiszki cienkie.

Soki trawienia. Pokarmy, przechodząc przez kanał trawienia, przemieniają się pod wpływem soków, wydzielanych przez gruczoły.

Pierwszym z tych soków jest **ślina**. Któż z was nie zabawiał się żuciem przez czas dłuższy chleba? A dlaczego? Dlatego, że po pewnym czasie chleb nabiera smaku słodkiego. Pochodzi to stąd, że ślina zamienia chleb, a raczej mąkę, w cukier. To samo robi ona z mąką kartofli, grochu i t. d.

Ścianki żołądka C są pełne drobnych gruczołków, wydzielających sok kwaśny, zwany **sokiem żołądkowym**. Sok ten rozpuszcza mięso, białko i wogóle wszystkie substancje zwierzęce.

Na wewnętrznej powierzchni kiszek cienkich I znajduje się również mnóstwo gruczołów, wydzielających **sok trzustkowy**,

---

Co się dzieje z pokarmami po połknięciu? Dokąd idą pokarmy z żołądka? Czy kiszki są nieruchome? Jaki wpływ mają na pokarmy soki trawienia? Jaki jest pierwszy sok trawienia? Jakie jest działanie śliny? Jakie—soku żołądkowego? Jaką rolę grają gruczołki kiszek cienkich?

który przemienia w cukier i rozpuszcza mąkę i mięso, które nie zdołały rozpuścić się pod wpływem śliny i soku żołądkowego. Gruczołki te są bardzo małe z wyjątkiem jednego H, który jest wielkości pięści.

Na prawej stronie jamy brzusznej mieści się ogromny gruczoł G, zwany **wątrobą**. Gruczoł ten wydziela płyn żółty i gorzki, zwany żółcią. Żółć ma ważne znaczenie, gdyż dzięki niej trawimy substancje tłuste.

Cel trawienia. Widzicie więc, że trawienie ma na celu **rozpuszczanie** pokarmów.

2-o WCHŁANIANIE POKARMÓW.

Krew roznosi pokarmy po całem ciele. A dlaczego rozpuszczanie pokarmów jest konieczne? Ponieważ, aby nas odżywiać, pokarmy muszą przechodzić przez **ścianki kiszek** i dostać się do krwi. Byłoby to niemożliwe dla ciał stałych — stąd konieczność rozpuszczania pokarmów.

Pokarm, będąc w kanale trawienia, nie przynosi nam żadnego pożytku, tak samo, jak gdybyśmy go trzymali na skórze naszego ciała. Trzeba wam bowiem wiedzieć, że kanał trawienia, poczynając od ust, jest również wyłożony skórą. Skóra ta, miększa od zewnętrznej, znana jest pod nazwą **błony śluzowej**.

Mówiłem wam zatem, że koniecznem jest, by pokarmy rozpuszczone **weszły w krew**, która roznosi je po całem ciele. Wiecie bowiem, że krew krąży we wszystkich częściach naszego ciała: sprobujcie ukłuć się gdziekolwiek igiełką choćby najbardziej cienką, a zobaczycie wnet występującą kropelkę krwi.

3-o KREW I KRĄŻENIE KRWI.

Krew. — Jeżelibym zapytał was: co to jest krew, odpowiedzielibyście mi napewno wszyscy: jest to płyn czerwony.

Rzeczywiście wydaje się on takim, chociaż w gruncie rzeczy, krew jest płynem żółtawym, w którym pływa mnóstwo kuleczek czerwonych (fig. 31).

Co wiesz o wątrobie? Jaki jest ostateczny cel trawienia? Dlaczego trzeba, aby pokarmy były rozpuszczone? Czy pokarm, pozostając w kanale trawienia, przynosi nam pożytek? Jak się nazywa skóra, którą jest wyłożony kanał trawienia?

Jeden milimetr sześcienny krwi zawiera 3 do 4 miljonów tych kulek. Są one bardzo drobne, ale tak liczne, że gdybyśmy ułożyli obok siebie kuleczki krwi, jakie zawiera ciało człowieka (mające 5 do 6 litrów krwi), to utworzyłyby one łańcuch, mogący okręcić 4 razy całą kulę ziemską.

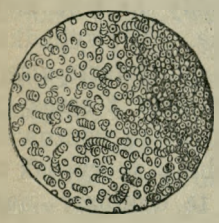


Fig. 31. Kropelka krwi i jej kuleczki (widziane przez mikroskop).

Fig. 32. Rozgałęzienia arterji (widziane przez mikroskop). A, arterja. B, żyła. C, naczynia włoskow.

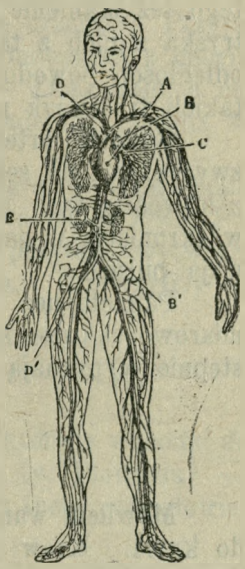


Fig. 33. Krążenie krwi. A, serce. B, arterja aortą. B', art. aorta brzuszna. C, arterja płucna. D, żyła górną. D', żyła dolna. E, żyły i arterje nerkowe.

Krążenie. Krew znajduje się w rurkach, których rozmieszczenie w ciele ludzkiem jest nader złożone.

W lewej części klatki piersiowej znajduje się **serce** B (fig. 30), rodzaj torebki, a raczej mięśnia wydrążonego, który kurczy się perjodycznie, wypychając krew go napełniającą. Krew dostaje się do serca przez rurki zwane **żyłami**, a wychodzi zeń przez rurki zwane **arterjami**.

Żyły i arterje są liczniejsze i drobniejsze w miarę tego, jak się oddalają od serca (fig. 32). Kończą się one rureczkami bardzo cienkiemi, znanemi pod nazwą **naczyń włoskowatych** lub **kapilarów**. Naczynia te są znacznie cieńsze niż włos, a służą jako łącznik między arterjami i żyłami (fig. 32), umożliwiając tym sposobem **krążenie krwi**. Krew biegnie z nadzwyczajną prędkością z serca do arterji, z arterji do naczyń włoskowatych (kapilarów), stamtąd do żył, a z żył do serca. Pół minuty wystarcza na cały ten obieg krwi.

Kiedy pokarmy przynoszą nam pożytek? Co to jest krew?
Jaka jest czynność serca? Za pomocą czego krew przypływa do serca? A wypływa zeń? Czem kończą się żyły i arterje? Jaka jest rola kapilarów?

Ścianki żył są miękkie i nieelastyczne, dlatego to, gdy je otwieramy przy puszczaniu krwi, zapadają się one, zamykając tym sposobem same otwór uczyniony. To też rany ich nie są niebezpieczne, chyba, że zranimy się w żyły grube nogi, ręki lub szyi. Arterje, przeciwnie, są sztywne, ścianki ich nie zapadają się, dlatego też zranienie arterji jest rzeczą bardzo poważną, krew wytryska z nich z taką siłą, że odskakuje niekiedy na trzy metry odległości, powodując krwotoki często śmiertelne. W wypadkach takich trzeba jak najprędzej nałożyć przewiązkę na otwartą arterję.

Budowa arterji sprawia, że krew, wypchnięta z serca (zazwyczaj raz na sekundę), wywołuje uderzenia, które odczuwamy z łatwością tam, gdzie arterje są pod powierzchnią skóry, jak np. w skroniach, u napięstków i t. d. Uderzenia te doktorzy nazywają pulsem.

Pamiętajcież więc, że krążenie krwi jest wywołane przez miarowe skurcze serca, które wpychają doń krew z żył, a następnie wypychają ją do arterji.

4-o CIEPŁO ORGANICZNE.

Mówiłem wam zatem, że pokarmy rozpuszczone dostają się do krwi. Krew zabiera je i roznosi część ich po całem ciele, druga część, znacznie większa, ginie, spala się we krwi.

Wydaje się to wam dziwnem. Myślicie sobie: pocóż więc jeść, pocóż wprowadzać pokarmy do krwi, skoro one tam giną? I jakże pokarmy te mogą się spalić? Cóż je pali? Wszakże niema ognia w ciele ludzkiem.

Mylicie się, dzieci, jest ogień w ciele naszem ogień, rzecz jasna, wolny, bez płomieni i dymu. Dowodem tego jest, że temperatura wnętrza ciał zwierząt ssących i ptaków dosięga 39° do 40° jest zatem znacznie wyższa, niż temperatura otaczającego powietrza. Zimą, w krajach północnych, tam gdzie chłód dochodzi do 50° mrozu, gdzie rtęć zamarza w termometrach, ludzie mają zawsze jednakową temperaturę. Musi być zatem ogień wewnętrzny, który daje to ciepło.

Jakim sposobem odbywa się i ile trwa obieg krwi? Co powiesz o ściankach żył? Jakie są ścianki arterji? Jak nazywamy uderzenia krwi w arterjach? Co się dzieje z pokarmami rozpuszczonemi? Co robi krew z jedną częścią tych pokarmów? A co dzieje się z drugą?

Skąd bierze się ten ogień? spytacie. A powiedz no mi, Janku, skąd bierze się ogień w piecu? — Powstaje on z drzewa. Tak, ale czy to tylko z samego drzewa? Nie odpowiadasz nic Janku, no a ty Julku? — Aby palić drzewo, potrzebne jest powietrze, gdyż zamykając drzwiczki piecyka, gasimy ogień. — Bardzo dobrze. Cóż więc powoduje palenie się drzewa? Przypomnijcież sobie, wszak posiadacie już nieco wiadomości z chemji.

— O tak, sprawia to tlen powietrza. — Doskonale, a czy możesz mi powiedzieć, co wytwarza się przy paleniu i ulatnia się następnie z dymem przez rurę pieca?

— Kwas węglany, a niekiedy tlenek węgla. — Doskonale.

Otóż moje dzieci, to samo zupełnie odbywa się w ciele. Pokarmy spalają się dzięki **tlenowi** powietrza, przytem wytwarza się **kwas węglany**, ale nigdy tlenek węgla. Przyjrzyjmy się temu nieco bliżej.

5-o ODDYCHANIE.

A przedewszystkiem powiedz mi, Janku, którędy wchodzi do organizmu powietrze? — Przez usta. — A ty, Piotrusiu? — Przez nos. — Macie rację obydwaj, o ile rzecz tyczy się człowie-

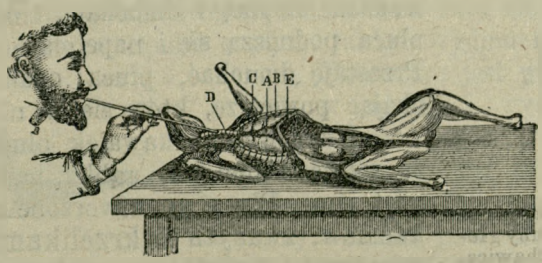


Fig. 34. Dmucham w tchawicę D, momentalnie płuca się wznoszą i napełniają powietrzem.
A, serce. — B, C, płuca. — D, tchawica. — E, przepona (djafragma).

ka lub niektórych zwierząt. Ale prawdziwą drogą oddechową jest nos: koń, naprzykład, oddycha zawsze nosem, nigdy — ustami.

A gdzie idzie powietrze, wchodzące przez usta lub nos?

— Do piersi. — Tak, a ściślej mówiąc, do **płuc**.

Jaki dowód mamy na to, że część pokarmów spala się w ciele? Co sprawia palenie się drzewa? Co wytwarza się wówczas? Co wytwarza się przy spaleniu pokarmów w ciele?

Płuca. — Znacie zapewne płuca zwierzęce, gdyż bardzo często karmią niemi koty. Koty zajadają je z epetytem, wolą jednak mięso i mają zupełną słuszność, gdyż płuca są rodzajem gąbki twardej, zawierającej tylko powietrze, a przytem trudnej do żucia.

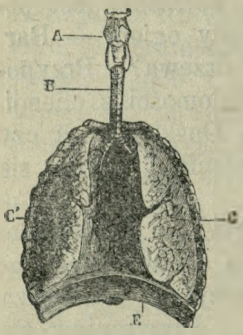


Fig. 35. Narząd oddychania. A, krtań (narząd głosu). B, tchawica (gdzie przechodzi powietrze). C, C, płuca, rodzaj torebki, w której mieści się powietrze. E, przepona (mięsień cienki i płaski, oddzielający klatkę piersiową od jamy brzusznej).

Patrzcie, oto nasz królik leży sobie tu jeszcze najspokojniej: skorzystajmy z tego, i otworzymy mu piersi, przyjrzyjmy się dokładnie jego płucom. Gospodyni nie będzie temu rada, ale trudno! trzeba nauczyć się ponosić ofiary dla nauki.

Biorę więc nożyczki i przecinam żebra na prawo i lewo; oto piersi królika otwarte. Widzicie tu serce A (fig. 34), następnie z każdej strony płuca B i C, miękkie i zapadnięte.

Patrzcie, oto przez długość szyi idzie rurka D, wzmocniona od czasu do czasu chrząstkowatemi pierścieniami. Idzie ona od gardła aż do samych płuc, wprowadzając do nich powietrze. Jest to **tchawica**. Robię w niej małą dziureczkę, do dziurki tej wprowadzam słomkę i dmucham. Widzicie, jak płuca podnoszą się i napełniają powietrzem. Przestaję dmuchać, płuca opadają, wypychając powietrze, które się w nich mieściło.

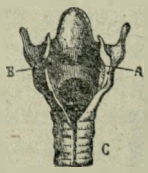


Fig. 36. Krtań przecięta wzdłuż. Widać struny głosowe A i B. C, tchawica.

Ucinam teraz kawałek płuca; widzicie, że wygląda ono jak gąbka, napełniona powietrzem. Płuca są utworzone z drobnych kanałów, zwanych **oskrzelikami**, które są zakończone maleńkiemi pęcherzykami płucnemi.

Krtań. — Znacie już zatem narządy, przez które przechodzi powietrze. Nim zacznę opowiadać, jak ono odbywa swą drogę, wspomnę wam jeszcze o **krtani**, będącej siedliskiem **głosu**.

Gdzie idzie powietrze, którem oddychamy? Gdzie leżą płuca?

Jak się nazywa rurka, idąca od gardzieli do płuc? Jak wyglądają płuca? Jaki narząd służy do wydawania głosu?

Krtań, którą wyczuwamy doskonale palcem na przodzie szyi w punkcie A (fig. 35), jest utworzona z kilku górnych, rozszerzonych pierścieni tchawicy.

Wewnątrz jej znajdują się dwie fałdy (fig. 36), zwane strunami głosowemi. Pod wpływem wydychanego powietrza struny te poczynają drgać i wydają dźwięki głosowe. Mowa zaś wytwarza się już w jamie ustnej za pomocą języka, policzków i warg.

Ruchy oddechowe. Powróćmy jeszcze do kwestji oddychania.

Jakim sposobem powietrze dostaje się do płuc? Połóż, Janku, jedną rękę na piersi, a drugą na brzuchu (fig. 37), a przekonasz się, że regularnie piętnaście razy na minutę oddychasz, czyli wykonywasz ruchy oddechowe. Ruchy te są podwójne: pierwszym z nich jest **wdychanie**, drugim — **wydychanie**.

Fig. 37. Ruchy oddechowe. Pierwszy ruch jest wdychanie (żebra się podnoszą), potem wydychanie (żebra opadają).

Podczas wdychania czujesz, jak żebra twoje podnoszą się, pierś rozszerza, brzuch występuje naprzód. Jest to chwila, w której powietrze wchodzi przez nos i dostaje się do płuc. Podczas wydychania wszystko dzieje się odwrotnie: żebra opadają, piersi zwężają się, brzuch robi się płaskim. Wówczas powietrze wychodzi z płuc, jakby wydmuchnięte z miecha.

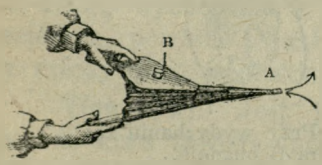


Fig. 38. Powietrze wchodzi przez rurkę A zupełnie tak, jak wchodzi ono do piersi i wychodzi zeń przez tchawicę.

Powietrze jest wciągane w płuca, jak w miech, i wydmuchiwane zeń w podobny sposób. Patrzcie, oto mam mały mieszek (fig. 38), zatykam korkiem dziurkę B, przez którą zazwyczaj wchodzi powietrze, potem kolejno zbliżam i oddalam dwie deszczułki mieszka: powietrze wówczas wchodzi doń i wychodzi przez rurkę A, zupełnie jak przez tchawicę piersi.

W naszem ciele, zamiast deszczułek, znajdują się żebra, połączone mięśniami, pokryte skórą, tworząc tym sposobem rodzaj

---

Gdzie się mieści krtań? Z czego jest utworzona? Jak powstają dźwięki głosowe? Gdzie wytwarza się mowa?

Jak się odbywa wdychanie? A wydychanie? Objaśnij mi to na mieszku?

klatki, zwanej klatką piersiową. Spojrzyjcie teraz na królika, czy widzicie ten muskuł, zamykający klatkę piersiową (fig. 34)?

Jest to muskuł E, cienki i płaski, położony wpoprzek, przedzielający piersi, zawierające płuca i serce, od jamy brzusznej, w której znajduje się żołądek, kiszki i wątroba.

Muskuł ten nazywa się przeponą (djafragmą). Będąc w spokoju, tworzy on rodzaj sklepienia E (fig. 35). Kurcząc się zapada, sklepienie owo znika, przez co otwór piersi staje się większym. Wówczas ma miejsce podnoszenie się brzucha, dlatego, że przepona, opadając, wypycha kiszki, wówczas także powietrze wchodzi do piersi przez tchawicę tak, jak wchodziło tylko co do mieszka przez rurkę. Jednocześnie muskuły boczne podnoszą żebra (fig. 39), powiększając jeszcze tym sposobem objętość piersi. Oto jak odbywa się wdychanie.

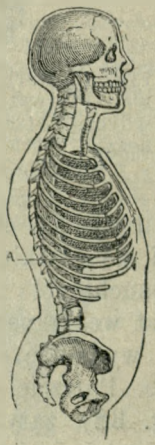


Fig. 39. Przy wdychaniu żebra A podnoszą się.

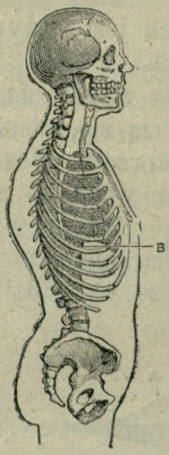


Fig. 40. Przy wydychaniu żebra B opadają.

Przy wydychaniu przepona idzie ku górze. Płóca wypróżniając się, pociągają za sobą żebra, które opadają (fig. 40) i przeponę, która się wznosi. Skutkiem tego znaczna część powietrza wychodzi, piersi zwężają się, brzuch opada.

Widzicie więc, że tak zwany mechanizm oddychania nie jest trudny do zrozumienia, uprościłem go wam nieco w tym roku.

Czem kończy się u dołu klatka piersiowa? Co znajduje się w piersiach? A w jamie brzusznej? Jak się nazywa muskuł oddzielający piersi od jamy brzusznej?

Przechodząc obszerniej fizykę, dowiecie się o tem więcej szczegułów.

Wytwarzanie się ciepła w organizmie. Wiecie więc, jakim sposobem powietrze, a co zatem idzie, tlen dostaje się do naszego ciała. Co chcesz powiedzieć, Pawełku?

— Mówił pan że powietrze, a raczej tlen spala pokarmy w ciele tak, jak pali on drzewo w kominie. Ale pokarmy przecież wchodzą w krew, a powietrze nie dochodzi tam, ponieważ zatrzymuje się w piersiach. Jakimże sposobem może spalać to, co znajduje się we krwi? — Miałem właśnie wytłomaczyć wam to za chwilę, rad jestem bardzo, że pytanie to samo przyszło ci do głowy. Widzę, że zastanawiasz się nad tem, co mówię. Kwestja ta zajmowała umysły już oddawna, ale dopiero w ostatnich czasach została wyjaśniona całkowicie. Uważajcież więc:

Mówiłem wam, że krew krąży po całem ciele. Wchodzi ona zatem i do płuc i trzeba wam wiedzieć, że w przeciągu pół minuty wszystka krew ciała przechodzi przez płuca. Myślano więc do niedawna, że tlen powietrza spala pokarmy znajdujące się we krwi podczas przepływu jej przez płuca. Wyobrażano sobie, że płuca są piecem, dostarczającym ciepła organizmowi.

Później przyszła ludziom myśl, że gdyby wszystkie ciepło organizmu wytwarzało się w płucach, narząd ten spaliłby się nakoniec, a nawet obróciłby się w popiół. Zauważono następnie, że krew, wychodząca z płuc, jest chłodniejsza, niż była przed wejściem, powinno jednak być wręcz przeciwnie, jeżeliby płuca były rzeczywiście siedliskiem ognia wewnętrznego.

Tlen krwi. Jest to rzecz nader ciekawa. Mówiłem wam już, że krew zawiera miljardy ciałek, dzięki którym ma ona kolor czerwony. Ciałka te, przechodząc przez płuca, pochłaniają tlen powietrza i unoszą go z sobą.

Następnie ciałka te dążą do wszystkich najgłębszych zakątków ciała, do naczyń włoskowatych nawet, i pozostawiają większą część tlenu narządom, przez które przechodzą, zupełnie tak, jak ptaszek, który zbiera ziarnka i zanosi je swym pisklętom.

Widzicie więc, że całe ciało nasze pochłania tlen, a zatem ciepło wytwarza się we wszystkich częściach ciała.

Przez jaki narząd przechodzi wszystka krew naszego organizmu?

Jaki narząd brano dawniej za siedlisko ognia wewnętrznego? Jakieby to pociągało skutki? Jaka jest rola czerwonych ciałek krwi?

Kwas węglany. Pochłanianie tlenu pociąga za sobą tworzenie się kwasu węglanego. Kwas ten rozpuszcza się we krwi, która zabiera go do płuc, tam miesza się on z powietrzem i wydziela się na zewnątrz przez wydychanie.

Powietrze, które wydychamy. Powietrze, wychodząc z płuc, nie jest czyste. Wchodząc do płuc zawierało ono $^1/_5$ tlenu, wychodząc nie ma więcej nad $^1/_6$. Na to miejsce zjawił się kwas węglany.

Rozumiecie więc, że byłoby bardzo niezdrowo oddychać znowu tem samem powietrzem, dlatego to trzeba otwierać okna, przewietrzać pokoje, w których mieszkamy.

Jeżeli będziemy trzymali jakieś zwierzątko w pudełku zamkniętem umrze ono bezwątpienia po wyczerpaniu tlenu powietrza. Będzie ono żyło dłużej lub krócej, zależnie od tego, czy oddycha więcej lub mniej, to jest, czy zużywać będzie więcej lub mniej tlenu.

Tak naprzykład, żaba będzie żyła dłużej, niż ptak, ale w każdym razie udusi się ona z braku tlenu. Uduszenie następuje prędzej pod wodą, gdyż wówczas mamy tylko do rozporządzenia tlen, znajdujący się już w płucach, wyczerpujemy go więc bardzo prędko.

Na tem skończymy ten dział fizjologji, a zaczniemy inny, z którego dowiemy się o czuciu i woli. Zobaczycie, jakie to ciekawe. Ale może kto z was chce się o co spytać? Pawełku?

Zwierzęta o krwi zimnej. — Nie rozumiem jednej rzeczy, proszę pana. Oto mówił pan o cieple wytwarzającem się w ciele; jest to jasne, gdy idzie o zwierzęta ssące i ptaki, ponieważ mają one krew ciepłą, ale gady, płazy, ryby i wszystkie te małe zwierzęta niekręgowe o krwi zimnej, czyż one także wytwarzają ciepło?

Tak, mój chłopcze, ponieważ zwierzęta te oddychają, pochłaniają tlen i wytwarzają kwas węglany. Ale ciepło ich ciała jest tak słabe, że nie przewyższa temperatury zewnętrznej. Są one zimne, gdy na dworzu jest zimno, ciepłe — gdy jest ciepło. To też gdy jest zimno, zwierzęta te stają się ociężałe i nie mogą się poruszać, latem stają się one żywszemi tak, jak zwierzęta

---

Jaki gaz tworzy się przez organizm tlenu? Co powiesz o powietrzu wychodzącem z płuc? Dlaczego powinniśmy przewietrzać pokoje, w których mieszkamy?

Dlaczego zwierzę zamknięte w pudełku zdycha? Czy organizm zwierząt o krwi zimnej wytwarza również ciepło?

o krwi ciepłej. Widzieliście pewnie nieraz jaszczurkę na słońcu, czyż nie biega ona prędko, czyż poruszenia jej nie są żywe i zwinne? Zimą zwierzęta te oddychają bardzo mało, zużywają nadzwyczaj małą ilość tlenu, nie potrzebują wcale się odżywiać, latem przeciwnie jedzą one prawie tyle, co zwierzęta o krwi ciepłej, gdyż substancje ich spalają się.

Zresztą pytanie, które mi zadałeś, jest nadzwyczaj zawiłe i trudne. Nie mogę wam szczegółowiej wyłożyć tego, musicie się zadowolnić odpowiedzią, że wszystkie zwierzęta oddychają, nawet te, które napozór nie wytwarzają ciepła.

Zwierzęta wodne. No, a ty co powiesz, Janku? — A jak mogą oddychać zwierzęta żyjące w wodzie: wieloryby i ryby? Czem one tam oddychają?

— Najpierw moje dziecko, nie trzeba mieszać wielorybów z rybami. Wieloryb, jak wam to już mówiłem, jest zwierzęciem

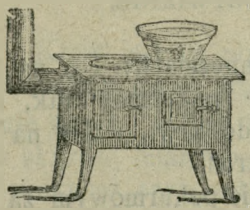


Fig. 41. Skoro tylko woda zaczyna się nagrzewać pojawiają się małe banieczki: jest to powietrze rozpuszczone w wodzie.

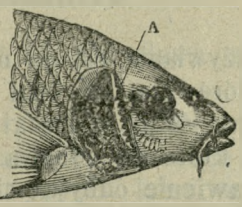


Fig. 42. A, skrzela. Ryba wpuszcza powietrze rozpuszczone w wodzie do skrzel, do których dopływa krew zużyta.

ssącem o krwi ciepłej. Żyje on w wodzie, to prawda, ale wydobywa się od czasu do czasu na powierzchnię, aby zaczerpnąć powietrza.

Co się tyczy ryb i wogóle zwierząt wodnych, to oddychają one powietrzem rozpuszczonem w wodzie. Woda zawiera powietrze, zaraz wam tego dowiodę. Stawiam na ogniu miskę, napełnioną wodą (fig. 41).

Skoro tylko woda zaczyna się nagrzewać, pojawiają się małe banieczki, które tworzą się w głębi miski i wypływają na powierzchnię.

Czem oddychają ryby? Jak dowieść, że woda zawiera powietrze? Dlaczego ryba zdycha w wodzie gotowanej?

Widzicie również, że woda jest ciepła, ale jeszcze daleko do tego, by się gotowała, są to więc banieczki powietrza, nie zaś wody.

Ryby więc oddychają powietrzem, które się znajduje w wodzie; jako dowód, powiem wam, że ryba, pogrążona w wodzie gotowanej, to jest pozbawionej powietrza,—zdycha bardzo prędko.

Zwierzęta wodne nie mają płuc, to jest narządu do którego wchodzi powietrze, mające zasilić krew. Mają one natomiast **skrzela** (fig. 42) — narząd, do którego dopływa krew, by oczyścić się dzięki powietrzu, rozpuszczonemu w wodzie. Ryba otwiera regularnie usta i podnosi skrzela, przepuszcza ona tym sposobem powietrze, rozpuszczone w wodzie, tak samo jak my, wdychając i wydychając, przepuszczamy przez płuca powietrze otaczające. Widzicie, że jest to rzecz nader prosta.

STRESZCZENIE. – ODŻYWIANIE.

Odżywianie polega na dwóch czynnościach: 1-o na **trawieniu**, które ma na celu rozpuszczenie pokarmów tak, aby one mogły przejść przez kiszki i dostać się do krwi, i 2-o na **wchłanianiu**, które się odbywa za pomocą krwi.

Trawienie odbywa się w przewodzie pokarmowym za pomocą zębów i soków trawienia.

Zęby. Żujemy pokarmy zębami i językiem. Człowiek dorosły ma 32 zęby, po 16 w każdej szczęce: po 4 siekacze, po 2 kły, i po 10 trzonowych. — Dzieci do lat 7-miu mają tylko po 20 zębów.

Zęby są utworzone z masy kostnej, pokrytej w górnej części emalją. Mieszczą się one w otworach szczęki. W środku zębów znajdują się zagłębienia, ku którym idą naczynia krwionośne i nerwy.

Ślina. Żucie pokarmów ułatwia nam ślina, płyn, tworzący się w gruczołach ślinowych, podobnie jak łzy tworzą się w gruczołach łzowych, a pot — w potowych.

Przewód pokarmowy. Pokarmy przełknięte schodzą wzdłuż piersi przez kanał, zwany kanałem pokarmowym, poczem dostają się do żołądka. Stamtąd idą one do kiszek cienkich, a następnie

---

Jaki narząd zastępuje rybom płuca? Dlaczego ryby otwierają regularnie pyszczek, a potem skrzela?

do kiszki grubej. Kanał pokarmowy, żołądek i kiszki noszą nazwę przewodu pokarmowego.

Soki trawienia. Pokarmy, przechodząc przez przewód pokarmowy, przemieniają się pod wpływem soków, wydzielanych przez gruczoły. Pierwszym z tych soków jest ślina, która zamienia mąkę w cukier.

Sok żołądkowy rozpuszcza mięso, białko jajka i wogóle wszystkie pokarmy pochodzenia zwierzęcego.

Pokarmy, nie rozpuszczone pod wpływem śliny i soku żołądkowego, rozpuszczają się pod wpływem soku, wydzielanego przez gruczoły kiszek cienkich.

Wątroba — olbrzymi gruczoł, położony z prawej strony ciała — jamy brzusznej, wydziela żółć, trawiącą substancje tłuste.

Wchłanianie pokarmów. Pokarmy rozpuszczone przechodzą przez ścianki kiszek i dostają się do krwi. Krew roznosi je do wszystkich części ciała. To właśnie nazywamy wchłanianiem pokarmów.

Krew. Krew jest to płyn żółtawy, w którym pływa niezliczona liczba małych ciałek czerwonych.

Krążenie krwi. Krew krąży po całem ciele będąc wypychaną przez skurcze miarowe mięśnia wydrążonego, zwanego sercem. Każdy skurcz czyli uderzenie serca wypycha krew w nim zawartą. Krew wprowadzają do serca żyły, to jest rurki o ściankach miękkich, a jest wyprowadzana zeń przez arterje, czyli rurki o ściankach sztywnych.

Żyły i arterje kończą się rurkami bardzo cienkiemi, które noszą nazwę naczyń włoskowatych, lub kapilarów. Kapilary są łącznikiem między żyłami i arterjami, umożliwiając tym sposobem krążenie krwi. Tak więc: krew wypchnięta z serca, biegnie do arterji, stamtąd do kapilarów, następnie do żył, a z żył powraca do serca. Obieg ten nazywamy krążeniem krwi.

Puls, którego uderzenia odczuwamy z łatwością u napięstków i w skroniach, powstaje dzięki uderzeniom krwi w arterjach znajdujących się pod skórą.

Ciepło organiczne. Krew zabiera pokarmy rozpuszczone i część ich roznosi po całem ciele, druga zaś część, znacznie większa, spala się we krwi.

Spalanie się pokarmów utrzymuje w naszem ciele ciepło, dochodzące 39 do 40°. Odbywa się ono dzięki tlenowi, znajdujące-

mu się w powietrzu, którem oddychamy, przyczem wytwarza się kwas węglany, który wydzielamy na zewnątrz.

Oddychanie. Powietrze, którem oddychamy, przechodzi przez kanał, zwany tchawicą i dostaje się do płuc. Płuca jest to narząd, wewnątrz pusty, utworzony z mnóstwa kanałów, zwanych oskrzelikami.

Piętnaście razy na minutę klatka piersiowa, zamknięta u dołu przeponą, rozszerza się i wciąga powietrze z zewnątrz: czynność ta jest wdychaniem. Potem piersi zwężają się, powietrze wychodzi na zewnątrz: jest to wydychanie.

Skutkiem krążenia wszystka krew ciała przechodzi przez płuca w ciągu pół minuty, wówczas czerwone ciałka krwi w chwili wdychania pochłaniają tlen powietrza i roznoszą go wszędzie, nawet do kapilarów, pozostawiając część tlenu narządom, przez które przechodzą. Tak więc nietylko płuca, ale całe ciało zużywa tlen, a zatem ciepło wytwarza się na przestrzeni całego organizmu.

Zwierzę pozbawione powietrza dusi się.

Powietrze, wychodzące z płuc, nie jest czyste, ponieważ zawiera ono kwas węglany; dlatego to trzeba koniecznie odświeżać powietrze w pokojach, w których mieszkamy.

Zwierzęta o krwi zimnej pochłaniają również tlen, ponieważ zwierzęta te oddychają; pomimo to, ciepło ich ciała nie przewyższa temperatury zewnętrznej.

Ryby oddychają, czerpiąc za pomocą skrzeli tlen rozpuszczony w wodzie.

III. — CZUCIE I INTELIGENCJA.

Czy pamiętacie doświadczenie, które miało na celu przestraszenie kurcząt przez otwieranie okna? Za pomocą czego usłyszały one hałas? Za pomocą uszów, nieprawdaż? A za pomocą czego spostrzegły obecność Piotrusia, który je tak przestraszył? Za pomocą oczu. Dalej, za pomocą czego uciekały? Za pomocą mięśni swych łapek. A za pomocą czego zrozumiały, że grozi im niebezpieczeństwo i jaki narząd wydał rozkaz mięśniom łapek? Mózg.

Ale mózg mieści się w jamie czaszki, oczy w orbitach, uszy w bocznych otworach czaszki, a mięśnie łapek daleko, bardzo daleko od mózgu. Za pomocą czego komunikują się więc między sobą oczy, uszy, mózg i muskuły?

Nerwy. Narządy te komunikują się ze sobą za pomocą **nerwów**. Jest to rodzaj nitek nader cienkich, rozgałęzionych po całem ciele. Jedne z nich zanoszą do mózgu wrażenia **świata zewnętrznego**, a są one tak liczne, że niepodobna jest ukłóć się igiełką, choćby najcieńszą, by nie zranić którego z nerwów, a co za tem idzie, nie doznać uczucia bólu.

Inne przynoszą rozkazy **poruszeń**, jakie dyktuje mózg mięśniom całego ciała. Pierwsze z nich nazywamy **nerwami czuciowemi**, drugie **nerwami ruchu**.

Mlecz lub **rdzeń pacierzowy**. Nerwy nie dochodzą bezpośrednio do mózgu. Nerwy ciała i kończyn idą do **mlecza pacierzowego** (fig. 43). Jest to rodzaj grubego sznura DC, białego z zewnątrz, a szarego wewnątrz, pomieszczonego w kanale kręgosłupa, noszącym z tego powodu nazwę kanału rdzeniowego.

Przy każdym odstępie, między kręgami, z prawej i lewej strony mlecza wychodzą nerwy B, rozchodzące się nastąpnie do różnych części ciała.

W okolicy lędźwi w punkcie C mlecz kończy się ostro; u góry, w punkcie F wchodzi on do czaszki, rozszerza się, tworząc tam tak zwany **rdzeń przedłużony**. Z rdzenia przedłużonego rozchodzą się nerwy twarzy i głowy, a także nerwy, kierujące oddychaniem i uderzeniami serca. Rozumiecie teraz, dlaczego zranienie rdzenia

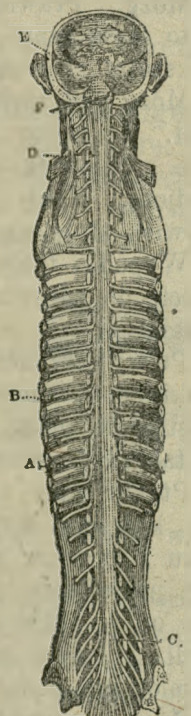


Fig. 43. A kanał rdzeniowy. B nerw, wychodzący przy każdym odstępie między kręgami i idący do różnych części ciała i kończyn. DC mlecz pacierzowy, od którego rozchodzą się nerwy ciała i członków. Mieści się on w kanale rdzeniowym. E mózg. F rdzeń przedłużony, skąd rozchodzą się nerwy twarzy i głowy, a także nerwy kierujące oddychaniem i uderzeniami serca.

Za pomocą czego oczy, uszy i muskuły komunikują się z mózgiem? Co to są nerwy? Jak dzielimy nerwy ze względu na ich czynności? Skąd rozchodzą się nerwy ciała i kończyn?

Gdzie mieści się mlecz pacierzowy? Jak nazywa się przedłużenie rdzenia kręgowego? Jakie nerwy rozchodzą się z rdzenia przedłużonego? Dlaczego rana zadana tej części rdzenia jest śmiertelna? Gdzie mieści się mózg i czego jest on siedliskiem?

przedłużonego jest tak niebezpieczne i sprowadza tak prędko śmierć. Rana taka zatrzymuje momentalnie **krążenie krwi i oddychanie**. Dlatego to inteligentniejsze kucharki, chcąc zadać prędko śmierć kurczęciu, wbijają mu szpilkę z tyłu głowy; dlatego również chcąc zabić królika, uderzają go mocno z tyłu głowy, za uszami.

Mózg. Prawie cała jama czaszki jest wypełniona **mózgiem**. Jest to masa szara na zewnątrz, a biała wewnątrz, u człowieka i większości zwierząt ssących pokryta trzema oponami.

Mózg jest siedliskiem **inteligencji**, siedliskiem **uczuć**, **myśli i woli**. Im mózg zwierząt jest większy, tem są one inteligentniejsze. Człowiek, którego mózg waży mniej niż 1,000 gramów — jest idjotą. Kiedy mózg jest zraniony, inteligencja zaciemnia się i człowiek staje się idjotą lub warjatem.

Wypadki takie nie zawsze są nieuleczalne, zdarza się, iż po powrocie do zdrowia, inteligencja powraca również do stanu normalnego.

Po wyjęciu mózgu zanika najmniejszy ślad inteligencji. Robiono takie doświadczenia na niektórych zwierzętach: wyjmowano im ostrożnie mózg, nie naruszając rdzenia przedłużonego; zwierzęta takie żyły, ale nie miały najmniejszej nawet inteligencji ani woli.

Ptaki, gady i ryby wytrzymują z łatwością taką operację. Ptak, któremu wyjęto mózg, będzie siedział zawsze na jednem miejscu i umrze z głodu, gdyż nie jest zdolnym troszczyć się o swe pożywienie, jeżeli będziemy kładli mu ziarenko do dzióbka, będzie on je łykał i trawił. Puszczony w powietrze, otwiera on skrzydła i fruwa przed siebie, dopóki się nie natknie na jaki przedmiot lub padnie wyczerpany zmęczeniem. Może on żyć nawet długo z warunkiem, aby ktoś miał nad nim pieczę: kładł mu do dzióbka pożywienie i strzegł przed niebezpieczeństwem, gdyż ptak taki nie okazuje żadnej inteligencji ani woli.

Przejdziemy teraz do odczuwania.

Wrażenia dotyku. Pomówimy więc najpierw o wrażeniu **dotyku**, które oznajmia nam, że jakieś ciało dotyka naszego ciała. Narządem tego czucia, jest skóra, pokrywająca całe nasze ciało, oraz błona ust, nosa, oka, ucha i t. d. Narzędziami są nerwy czucia, znajdujące się na całej powierzchni skóry i błony. Dotykając się któregokolwiek miejsca na naszem ciele, drażnimy ner-

---

Co się dzieje, kiedy mózg jest zraniony? Co się dzieje, gdy wyjmiemy mózg zwierzęciu? Za pomocą jakiego narządu otrzymujemy wrażenie dotyku?

wy czucia, które podrażnienie to przesyłają do mlecza pacierzowego, a stamtąd do mózgu, zupełnie jak drut telegrafu elektrycznego przesyła depeszę.

Nerwy zawiadamiające, że ciało jakieś dotyka się naszego ciała, oznajmiają nam jednocześnie, czy ciało to jest cieplejsze lub zimniejsze i w jakim stopniu: sprawiają więc one również odczuwanie **temperatury**.

Wrażenie te (odczuwanie dotyku i temperatury) określamy jednem mianem: **czuciem dotyku**.

Uczucie dotyku nie może istnieć bez **działania inteligencji**, która zdaje sobie sprawę z wrażeń odbieranych przez skórę. Najczęściej dotykamy przedmiotów **ręką**. Ten narząd pięciopalcowy jest narzędziem cudownem, zdolnem nietylko do robót wymagających siły, lecz również do robót misternych i delikatnych, a także do rozpoznawania ciał. Oto jabłko, które kładę na stole. Jeżelibym nie wiedział, że to jest jabłko i zamknąwszy oczy, dotykał się go przedramieniem, to dopiero po pewnym przeciągu czasu doszedłbym do wniosku, że jest to ciało okrągłe, gładkie dość twarde. Wystarczy mi jednak wziąć je na chwilę do ręki (fig. 44), aby zdać sobie sprawę z tego wszystkiego. Pochodzi to stąd, że palcami dotykam się odrazu wielu punktów powierzchni jabłka.

Fig. 44. Wystarcza mi wziąć je na chwilę do ręki, aby zdać sobie sprawę z tego wszystkiego.

Wrażenia smaku. Wnętrze naszych ust odbiera specjalne wrażenie, które nazywamy **smakiem**. Substancje, które kładziemy do ust, rozpuszczając się, dostarczają nam tych wrażeń smaku. Wiecie o tem, że smak bywa rozmaity: słony, słodki, gorzki, kwaśny, cierpki i t. d. Są ludzie, którzy w życiu swojem nie mają innego celu nad zadowolenie tego zmysłu. Jest to bardzo brzydkie, chociaż potrzeba się starać o to, aby pokarmy nam smakowały, gdyż dowiedzionem jest, że to, co jemy z przyjemnością, trawi się znacznie łatwiej.

Wrażenia z odległości. Tak więc wnętrze ust powiadamia nas o smaku ciał, dotyk daje nam poznać kształt ciał, ich gładkość, twardość, temperaturę i jeszcze kilka innych przymiotów.

Jakie są narzędzia tego organu? Z czego jeszcze zdajemy sobie sprawę dzięki nerwom, których zakończenia znajdują się w skórze? Czem najczęściej dotykamy przedmiotów?

Co powiesz o wrażeniach smaku? Jakie zmysły powiadamiają nas z odległości o istnieniu ciał?

Jest to wiele, zapewne, ale gdybyśmy musieli poprzestać tylko na tem, to bylibyśmy bardzo ograniczeni i wiele cudów tego świata byłoby dla nas tajemnicą. Na szczęście istnieją jeszcze wrażenia, które odbieramy z odległości, wrażenia powiadamiające nas o istnieniu ciał zapomocą **węchu**, **słuchu** i najcenniejszego ze wszystkich, **wzroku**.

Wrażenia węchu. Narządem węchu jest nos, a właściwie mówiąc, jamy nosa. Są to dwie jamy A, B (fig. 45), rozdzielone pionową przegrodą C; jamy te komunikują się od tyłu z jamą gardzieli D i leżą naprzeciwko otworu krtani E. Powietrze, które wdychamy i wydychamy, przechodzi zawsze przez jamy no-

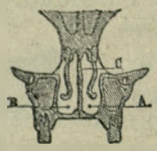
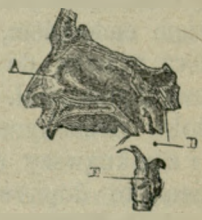


Fig. 45. Przekrój nosa z przodu. A, B, jamy nosowe. C, przegroda pionowa.



Przekrój nosa z boku. D, gardziel. E, otwór krtani.

sa. Mówiłem wam nawet, że niektóre zwierzęta ssące oddychają jedynie przez nos; jeżelibyśmy zatkali nozdrza konia, to udusiłby się on z braku powietrza.

Przy każdym ruchu wdychania, węch uprzedza nas o bliskości ciał, mających zapach. Na nieszczęście wiele gazów trujących nieposiada żadnego zapachu i możemy się otruć, wdychając je nieświadomie.

Wrażenia słuchu. Słuch jest to zmysł, powiadamiający nas o istnieniu drgań dźwięku. Uczy on nas przytem oceniać je i mierzyć, gdyż wiecie o tem, że wprawne ucho może rozróżniać dźwięki o jednakowej prawie liczbie drgań. Mówiłem wam już, gdyśmy poznawali fizykę, że ucho nasze może tylko pochwycić dźwięki, mające conajmniej 32 drgania na sekundę: są to dźwięki najniższe dla naszego ucha; najwyższe, jakie usłyszeć możemy, mają 76,000 drgań na sekundę.

Drgania dźwięku dochodzą do naszego **nerwu słuchowego** dwoma sposobami.

Jaki jest organ węchu? Jak są zbudowane jamy nosa?

Jeżeli idzie o drgania ciała stałego, to możemy je usłyszeć, przykładając je do ścianek czaszki.

Chodź no tu, Pawełku, zatkaj sobie uszy palcami (fig. 46). Kładę ci zegarek na czole, wszak słyszysz wyraźnie, jak on idzie. A teraz otwórz usta i trzymaj zegarek w zębach (fig. 47), wszak

Fig. 46. Zatkaj sobie uszy palcami. Kładę ci zegarek na czole, wszak wyraźnie on chodzi?

Fig. 47. Weź zegarek w zęby, wszak słyszysz dobrze, nieprawdaż?

Fig. 48. Kładę zegarek na płaskiej linijce: słyszysz również dobrze?

słyszysz doskonale? Weź teraz w zęby linijkę płaską (fig. 48), na której kładę zegarek: ten sam skutek.

W tem ostatniem doświadczeniu drgania dźwięku wprawiały w ruch linijkę, zęby, kości czaszki, płyn ucha, koniec nerwu słuchowego, a stamtąd dostały się do mózgu. Ale takie bezpośrednie przeprowadzanie dźwięków jest bardzo rzadkie. W większości wypadków dźwięk jest wywołany przez drganie ciała, od którego oddziela nas powietrze. Drgania dźwięku dostają się wówczas do naszego ucha przez powietrze.

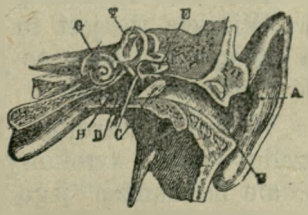


Fig. 49. Narząd słuchu. A muszla. B, przewód słuchowy. C, błonka bębenkowa. D, jama napełniona płynem. E, szereg kosteczek. F, kanały półkuliste. G, ślimak, w którym znajduje się nerw słuchowy. H, błona jamy napełnionej płynem.

Ucho składa się przedewszystkiem z muszli A (fig. 49). Jest to rodzaj trąbki, bardzo rozwiniętej i ruchliwej u zwierząt o słuchu czułym, pochwytuje ona największą liczbę drgań. Spojrzyjcie na konia (fig. 50), widzicie jak zwraca on uszy w stronę, z której dochodzi go dźwięk! Muszla uszów ludzkich jest mało rozwinięta i prawie nieruchoma,

---

O czem powiadamia nas narząd słuchu?

chcąc lepiej pochwycić dźwięk, musimy zwracać głowę w stronę, z której on dochodzi lub też przykładać do ucha rękę, złożoną w trąbkę.

W muszli ucha zbierają się wszystkie drgania i wchodzą następnie w rurkę B, zwaną **przewodem słuchowym**. Przewód słuchowy dosięga u ludzi kilku centymetrów długości. W głębi przewodu (w C) drgania napotykają błonkę cienką, zamykającą otwór przewodu słuchowego: jest to błonka bębenkowa. Dźwięki, padając na błonkę bębenkową, wprawiają ją w ruch.

Fig. 50. Koń zwraca się w stronę, z której dochodzi go dźwięk.

Za błoną bębenkową znajduje się jama D, napełniona płynem i zamykająca się błoną H.

Otóż pomiędzy tą błoną H, a błoną bębenkową leży cały szereg kosteczek E, których końce opierają się na obu błonach.

Dzięki temu drgania błony bębenkowej udzielają się błonie jamy, potem płynowi i dochodzą nakoniec do nerwu G.

Droga, jaką odbywają drgania, jest więc następująca: powietrze, błona bębenkowa, kosteczki, błona jamy, płyn jamy i nerw.

Tak więc drgania przebiegają kolejno gazy, ciała stałe i płyny. Widzicie, że jest to dość skomplikowane, pomimo, że starałem się uprościć wam to jak najbardziej, opuszczając wiele szczegułów drugorzędnych.

Wrażenia wzroku. Przystąpimy teraz do rozpatrzenia oka, narządu wrażeń wzrokowych. Jest to narząd niezmiernie delikatny, ale mechanizm jego jest łatwiejszy do zrozumienia niż mechanizm ucha; pokażę wam z łatwością wszystko na tem oto oku wołu (fig. 51).

Widzicie najpierw, że jest ono podobne do jajka, o skorupce dość twardej, ale nie wapniowej. Na końcu tej skorupki, w punkcie J, znajduje się rodzaj sznurka białego: jest to **nerw optyczny**, nerw, który zanosi do mózgu wrażenia świetlne, odbierane przez oko; nerw ten wchodzi do oka i, zobaczycie wkrótce, co się z nim staje.

Jak się nazywa zewnętrzna część ucha? Co się znajduje za muszlą ucha? Co napotykają drgania dźwięku w głębi przewodu słuchowego? Jak się nazywa ta błona? Co znajduje się między błoną bębenkową a jamą napełnioną płynem?

Skorupka owa, czyli gałka oka G, jest nieprzezroczysta, z wyjątkiem przedniej, okrągłej, lekko wypukłej części A, zwanej rogówką. Rogówka jest zupełnie przezroczysta i daje światłu przystęp do wnętrza oka.

Światło przechodzi przez rogówkę A, wchodzi następnie do kamery B, wypełnionej płynem i napotyka na swej drodze rodzaj zasłony C, zwanej tęczówką i mającej pośrodku otwór D, zwany źrenicą. Chodź no tu, Henryku, stań przy oknie, a wy wszyscy zbliżcie się do nas i patrzcie uważnie. Henryk ma oczy niebieskie (fig. 52), czyli, że tęczówka jego jest jasna. Czy widzicie w samym środku tęczówki tę czarną dziurkę w punkcie D. Jest to źrenica; przez nią to światło dostaje się ostatecznie w głąb oka.

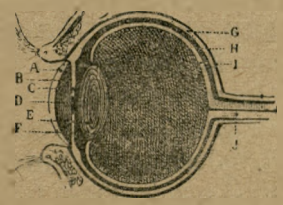


Fig. 51. Oko, narząd wzroku. Przekrój oka wołu. A, rogówka przezroczysta. B, kamera przednia, napełniona płynem wodnistym. C, tęczówka. D, źrenica. E, soczewka. F, płyn lepki. G, gałka oka. H, naczyniówka. I, siatkówka. J, nerw optyczny.

Patrzcie, zasłaniam ręką na kilka chwil oczy Henryka, potem nagle odsłaniam je. Czy widzicie, co się stało? Dziurka, która była bardzo szeroka w chwili, gdy odkryłem mu oczy (fig. 52), zwęziła się raptownie, skoro tylko światło w nią weszło (fig. 53).

Fig. 52. C, tęczówka; D, źrenica rozszerzona w ciemności.

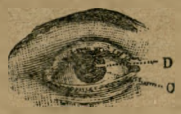


Fig. 53. C, tęczówka; D, źrenica zwężona pod wrażeniem światła.

Jest ona teraz mała, nie większa od małego punkcika: ale chodźmy w głąb klasy, gdzie jest mało światła i patrzcie, źrenica rozszerza się znowu. Dlaczego to? O! jest to rzecz zupełnie prosta! Oto kiedy jest mało światła, źrenica rozszerza się, aby pochłonąć go jak można najwięcej; kiedy zaś jest go zadużo, źrenica zwęża się, aby przepuścić tylko niezbędną ilość i nie zmęczyć, nie oślepić nerwu optycznego.

Jaką drogę odbywają drgania dźwięku? Gdzie wchodzi nerw optyczny? Czy gałka oka jest przezroczysta?

Jak się nazywa przezroczysta część gałki? Co spotyka na swej drodze światło, przeszedłszy rogówkę? Jak się nazywa otwór tęczówki? Przez co światło dostaje się w głąb oka? Dlaczego źrenica rozszerza sią przy braku światła, a zwęża pod jego nadmiarem? Czem jest napełniona gałka oka? Co znajduje się zaraz za źrenicą? Czem jest siatkówka? Jaką gra ona rolę w oku?

Tak więc światło weszło już w głąb oka Henryka; ponieważ nie możemy śledzić dalszych jego losów, powróćmy jeszcze do oka wołu (fig. 51). Przecinam je ostrożnie nożem; widzicie, że gałka oka jest napełniona w F rodzajem płynu lepkiego, bardzo przezroczystego. Odnajdujecie wszak z łatwością rogówkę A i tęczówkę C. Nakoniec zaraz za źrenicą D znajduje się ciało stałe E, elastyczne, przezroczyste, mające kształt soczewki: jest to soczewka oka.

Głąb oka wyłożona jest błoną szarawą I, łatwą do zerwania. Jest to siatkówka, będąca po prostu zakończeniem nerwu optycznego. Ona to otrzymuje wrażenia świetlne, na niej tworzą się obrazy przedmiotów otaczających.

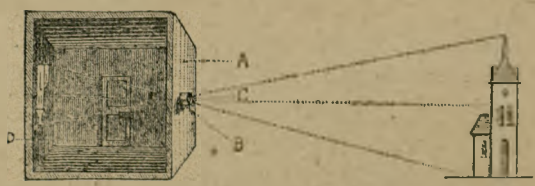


Fig. 54. Ciemny pokój.
Okiennica A — to tęczówka. Otwór B okiennicy — to źrenica. Soczewka D — to soczewka oka. Arkusz papieru D — siatkówka.

Jakże się to odbywa? Zrozumiecie to z łatwością, jeżeli przypomnicie sobie doświadczenie, które robiliśmy, ucząc się fizyki. Przypomnę je wam w krótkości. Wejdźmy do pokoju ciemnego (fig. 54); oto mały otwór B, przez który przenika promień światła. Umieszczam obok tego otworu soczewkę szklaną C, a z tyłu w punkcie D, trzymam arkusz papieru. Papier ten to przybliżam, to oddalam, aż nareszcie natrafiam na punkt, w którym otrzymuję na papierze obraz kościoła, będącego na dworzu. Wszak znacie to już, nieprawdaż?

A więc okiennica A, jest tęczówką oka; otwór B okiennicy — źrenicą, soczewka C jest soczewką oka; arkusz papieru D — to siatkówka. Oto wyjaśnienie widzenia, w formie naturalnie najprostszej.

Krótkowzroczność i dalekowzroczność. Tylko co, chcąc otrzymać obraz kościoła na papierze, musiałem zbliżać się lub oddalać, nim natrafiłem wreszcie na odległość z której obraz przed-

---

Porównaj różne części ciemni optycznej z budową oka.

stawił się jasno. Gdy stałem za blizko lub za daleko, obraz kościoła był zamazany.

Otóż są ludzie, którzy mają budowę oka zbyt krótką lub zbyt długą i skutkiem tego obraz przedmiotów nie rysuje się jasno na ich siatkówce. Pierwsi z nich są krótkowidzami, drudzy— dalekowidzami. Ludzie tacy osiągają poprawę wzroku przez używanie szkieł, mianowicie krótkowidze posługują się w celu poprawienia wzroku szkłami wklęsłemi, oddalającemi obraz, dalekowidze zaś — szkłami wypukłemi, przybliżającemi obraz.

Zmysł wzroku jest najdrogocenniejszym ze wszystkich. Daje on nam poznać kształt, odległość i rozmiary ciał; jemu zawdzięczamy również pojęcie o kolorach.

Złudzenie zmysłów. Wszystko to jest cudowne, nie przeczę, dowiedźcie się jednak, że oko nie jest bynajmniej instrumentem bez zarzutu — doskonałym. Często bardzo wprowadza ono w błąd i musimy uciekać się do rozumu, aby sprostować omamienia, któremi łudzi nas oko. Istnieją nawet złudzenia, których nie możemy się pozbyć zupełnie. Przytoczę wam tu jedno z nich.

Przypominacie sobie wszakże kolory widma słonecznego: fioletowy, indigo, niebieski, zielony, żółty pomarańczowy i czerwony. Otóż weźmy naprzykład kolor zielony. Możemy otrzymać wrażenie koloru zielonego, patrząc na zielone promienie widma lub też mieszając w pewnych proporcjach kolor niebieski z żółtym. Podobnież możemy otrzymać kolor fioletowy, mieszając czerwony z niebieskim; pomarańczowy, mieszając czerwony z żółtym. Oko ulega takim złudzeniom, okłamując nas w ten sposób, nie pozwalając nam odróżniać kolorów prostych od złożonych.

Siła rozumu. Jakże wiele mielibyśmy błędnych mniemań, gdybyśmy kierowali się tylko wzrokiem! Na szczęście mamy oprócz niego słuch i dotyk, które przyczyniają się bardzo do sprostowywania złudzeń wzroku. Dzięki tym różnym zmysłom, zanoszącym do mózgu wrażenia otrzymywane, człowiek zdołał utworzyć sobie pojęcie dość prawidłowe o tem, co się dzieje wokół niego. Na podstawie tych pojęć świata zewnętrznego mózg nasz drogą rozumowania doszedł do wniosków, dzięki którym posługujemy się tem, co nam jest użyteczne, a unikamy tego, co może nam

---

Jak się nazywają ludzie, którzy widzą dobrze tylko przedmioty leżące blizko ich oczu? A ci, którzy widzą dobrze tylko przedmioty oddalone? Jakie szkła noszą krótkowidze? A dalekowidze?

szkodzić; co więcej, dochodzimy ciagle do nowych wynalazków i osiągamy rozwój przemysłu. Pies jest obdarzony takiemi zmysłami, jak człowiek, węch jego jest rozwinięty nawet znacznie więcej, nie potrafi on jednak skorzystać z tego, by ulepszyć warunki swego życia i dążyć do postępu. Dlaczego? Oto dlatego, że ma on zbyt mało inteligencji. Niektórzy utrzymują, że przyczyna tego małego rozwinięcia leży w tem, że pies jest pozbawiony rąk i mowy. Zdanie to jest błędne: gdyby pies miał nawet dziesięć rąk, to jeszcze nie umiałby się posługiwać niemi tak, jak robi człowiek. Co się tyczy mowy, to nie mówi on po prostu dlatego, że jest za mało inteligentny na to, by tworzyć słowa. Idjoci mają ręce, a jakże często nie potrafią nawet mówić! Wyniki, do jakich doszedł człowiek, nie są dziełem języka ani rąk, ale inteligencji, siedliskiem której jest mózg.

STRESZCZENIE. — CZUCIE I INTELIGENCJA.

Nerw. Nerwy są rodzajem włókien nader cienkich, rozgałęzionych po całem ciele. Jedne z nich zanoszą do mózgu wrażenia świata zewnętrznego: są to nerwy czuciowe. Drugie przynoszą rozkazy poruszeń, jakie dyktuje mózg mięśniom całego ciała: są to nerwy ruchu.

Rdzeń pacierzowy. Rdzeń, czyli mlecz pacierzowy, jest to rodzaj grubego sznura, mieszczącego się w kanale rdzeniowym, utworzonym z pierścieni kręgów, ułożonych jeden na drugim.

Rdzeń pacierzowy, wchodząc do czaszki, rozszerza się i tworzy **rdzeń przedłużony.**

Nerwy ciała dochodzą do rdzenia pacierzowego; nerwy głowy oraz nerwy, kierujące oddychaniem i uderzeniami serca — do rdzenia przedłużonego. Rany zadane rdzeniowi przedłużonemu są śmiertelne.

Mózg. Prawie cała jama czaszki jest wypełniona **mózgiem.** Mózg jest siedliskiem inteligencji, uczuć i woli. Rany, zadane mózgowi powodują osłabienie inteligencji.

Ptak może żyć bez mózgu jeżeli będziemy go karmili i strzegli przed niebezpieczeństwem, ale zdycha on momentalnie, jeżeli zranimy go w rdzeń przedłużony.

Wrażenie dotyku. Wrażenie dotyku daje nam znać o tem, że jakieś ciało dotyka się naszego. Narządem jego jest skóra

całego ciała, a przedewszystkiem ręka. Dotykanie podrażnia nerwy czucia, które podrażnienia te przesyłają do rdzenia pacierzowego, a stamtąd do mózgu.

Nerwy czuciowe mają zakończenia na całej powierzchni skóry. Dzięki nerwom otrzymujemy również wrażenie temperatury ciał.

Wnętrze ust posiada specjalne wrażenie dotyku: wrażenie to nazywamy smakiem.

Wrażenia z odległości. Wrażenia dotyku dają nam poznać tylko ciała, których się dotykamy; węch, słuch, a szczególniej wzrok dają nam poznać ciała, znajdujące się od nas na pewnej odległości.

Narządem węchu jest nos, a właściwie mówiąc, jamy nosa, które komunikują się od tyłu z jamą gardzieli i znajdują się naprzeciwko otworu krtani.

Słuch powiadamia nas o istnieniu drgań dźwięku.

Ucho. Dźwięki, zgromadzone w muszli ucha, wchodzą do przewodu słuchowego, w głębi którego napotykają błonę bębenkową i wprawiają ją w ruch. Drgania błony bębenkowej za pośrednictwem całego szeregu kosteczek udzielają się drugiej błonie, zamykającej jamę napełnioną płynem. Płyn ten przesyła drgania do nerwu słuchowego, a nerw słuchowy zanosi je do mózgu.

Oko. Oko jest to gałka nieprzezroczysta, z wyjątkiem przedniej części, zwanej rogówką. Poza rogówką znajduje się rodzaj zasłony, zwanej tęczówką, która może być zabarwiona na czarno, niebiesko lub szaro. Zasłona ta ma w środku otwór, zwany źrenicą. Poza źrenicą leży soczewka. Światło, przechodząc przez źrenicę, soczewkę oraz płyn przezroczysty, napełniający gałkę oka, podrażnia nerw optyczny, którym jest wyłożona głąb oka. Nerw ten jest znany pod nazwą siatkówki.

Siła rozumu. Jeżelibyśmy dowierzali zawsze naszym oczom i wogóle zmysłom, to mielibyśmy mnóstwo błędnych pojęć o tem, co nas otacza. Na szczęście mózg nasz rozumuje, prostuje nasze wrażenia i wskazuje nam to, co jest użyteczne, każe zaś unikać tego, co szkodliwe.

Postęp, do jakiego doszedł człowiek, nie jest dziełem języka, ani rąk, ale — inteligencji.

TEMATY DO ĆWICZEŃ.

ĆWICZENIE 1-sze. Skład i budowa kości. — Do czego służy szpik kości?

ĆWICZENIE 2-gie. Co to są kręgi? — Różne części kręgosłupa. — W co są zaopatrzone kręgi grzbietowe? — Jak łączą się żebra na przodzie? — Pięć kręgów spojonych krzyża.— Co idzie za kością krzyża?

ĆWICZENIE 3 cie. Na czem opiera się czaszka? — Wnętrze czaszki komunikuje się z kanałem kręgowym. — Otwory czaszki. — Dwie szczęki.

ĆWICZENIE 4-te. Kości kończyn górnych. — Z jaką kością łączy się zapomocą stawu kość ramieniowa? — Z jaką kością łączy się zapomocą stawu łopatka, — obojczyk?

ĆWICZENIE 5-te. Kości kończyn dolnych. — Z jaką kością łączy się stawem kość udowa? — Z jaką kością łączy się miednica?

ĆWICZENIE 6-te. Co to są stawy? — Co służy do wzmocnienia stawów? — Kiedy ma miejsce zwichnięcie członka? — Kiedy wybicie ze stawu?

ĆWICZENIE 7-me. Do czego służą mięśnie? — Zapomocą czego mięśnie łączą się częstokroć z kośćmi? — Kurczliwość mięśni.

ĆWICZENIE 8-me. Dowieść, że pozycja stojąca wymaga pracy muskułów.

ĆWICZENIE 9-te. Ruchy dobrowolne i ruchy mimowolne.

ĆWICZENIE 10 te. Zęby, ich liczba. — Różne części zęba.

ĆWICZENIE 11-te. Droga, jaką odbywają pokarmy w przewodzie pokarmowym od ust aż do kiszki grubej.

ĆWICZENIE 12 te. Rola śliny.—Soku żołądkowego, soku trzustkowego. — Wątroba. — Cel trawienia.

ĆWICZENIE 13-te. Co to jest krew? — Jaki narząd wypycha krew? — Arterje. — Żyły. — Kapilary. — Krążenie krwi.

ĆWICZENIE 14 te. Gdzie dostają się pokarmy, rozpuszczone przez trawienie? — Co się z nimi staje? — Dlaczego organizm nasz ma temperaturę 39 do 40°?

ĆWICZENIE 15-te. Jakim sposobem powietrze dostaje się do naszego ciała? — Płuca. — Ruchy oddechowe.

ĆWICZENIE 16-te. Co staje się z tlenem, który wdychamy? — Wytwarzanie kwasu węglanego.

ĆWICZENIE 17-te. Jak oddychają ryby?

ĆWICZENIE 18-te. Mózg. — Rdzeń pacierzowy. — Rdzeń przedłużony. — Co staje się z ptakiem, któremu wyjęto mózg?

ĆWICZENIE 19-te. Dotyk. — Smak. — Wrażenia z odległości.

ĆWICZENIE 20 te. Nos.

ĆWICZENIE 21-sze. Ucho.

ĆWICZENIE 22 gie. Oko.

VII. — FIZJOLOGJA ROŚLIN.

Objawy życia są jednakowe u wszystkich zwierząt. Wiemy już, jak żyją zwierzęta, jak i dlaczego jedzą i oddychają, wiemy, jak się poruszają i czują. Mówię zwierzęta, chociaż w istocie mówiliśmy tylko o kręgowcach, a właściwie o człowieku jedynie, ale wszystko to, co mówiliśmy o nim, może tyczyć się i innych zwierząt. Chrabąszcz, fruwając, porusza skrzydłami dzięki skurczom muskułów, możemy poruszać rękoma, nogami i t. d. Niema on kości, na których wspierałyby się jego muskuły, ale zastępuje mu je w zupełności skóra stwardniała. Ślimak chowa różki, kiedy go dotykamy, dlatego, iż czuje on to dotknięcie za pośrednictwem nerwu czuciowego. Motyl, którego chcecie schwytać, spostrzega to i ucieka, ponieważ mały mózg jego rozumuje i ostrzega go przed niebezpieczeństwem. Czy zwierzę ma cztery czy też sześć łapek, czy nawet nie ma ich wcale, czy zwierzę żywi się trawą czy mięsem, czy żyje ono w norach lub w głębi wód, czy też fruwa wysoko nad nami, zawsze i wszędzie musi ono jeść, czuć, poruszać się i chcieć, musi zatem zawsze mieć żołądek, muskuły, nerwy i mózg.

Teraz postaram się zapoznać was z życiem **roślin.** Na pierwszy rzut oka wydaje się ono mniej zajmującem, niż życie zwierząt, dlatego, że rośliny nie ruszają się z miejsca, nie mają woli, nie są więc obdarzone muskułami, nerwami, mózgiem ani zmysłami. Jednakże rośliny odżywiają się i rosną i pod tym względem budzą naszą ciekawość i zasługują na poznanie niemniej,

niż zwierzęta. Zaczniemy więc od tego, co jest najdziwniejsze może w życiu roślin, a mianowicie od ich rozwoju.

Kiełkowanie. Biorę ziarnko grochu (fig. 1), aby pokazać wam części, z jakich ono się składa. Zdejmujemy najpierw skórę, która nie odgrywa roli bardzo ważnej. Czy widzicie te dwie połówki mączyste A i B. Są to liścienne, pomiędzy nimi znajduje się mała roślinka C, zawierająca korzeń, łodygę i pączek.

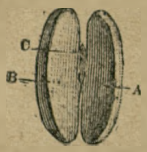


Fig. 1.
A. B. — liścienie.
C. mała roślinka.

A oto drugie ziarnko grochu (fig. 2). Tutaj korzeń A wyrósł już ponad liścienie D, E, przynajmniej na dwa centymetry; łodyga B wyrosła także, a pączek G zaczął wypuszczać drobne listki. Ziarnko to zaczęło już **kiełkować**.

Warunki kiełkowania. Pytacie, com zrobił, aby osiągnąć taki rezultat? Włożyłem poprostu kilka dni temu ziarnko grochu w doniczkę napełnioną wilgotną gliną. Wilgoć podniosła skórkę grochu, wsiąknęła w młodą roślinkę, która dotąd była bardzo sucha i, że tak powiem, rozbudziła ją.

Fig. 2. Groszek puścił kiełki dzięki: 1° wilgoci, 2° ciepłu, 3° tlenowi powietrza. A. korzeń, B. łodyga, C. pączek, D. E. liścienie.

Fig. 3. Płomień gaśnie natychmiast, dlatego, że tlen butelki był pochłonięty przez kiełkujące ziarenko.

Wówczas roślina zaczęła rosnąć. Widzicie z tego, że **wilgoć** jest niezbędnym warunkiem **kiełkowania**. To też jeżeli chcemy przechować ziarenka roślin, trzeba je trzymać w miejscu **suchem**, gdyż inaczej zaczną kiełkować.

Jaki jest pierwszy warunek kiełkowania roślin? Gdzie trzeba trzymać nasionka, jeżeli chcemy uchronić je od kiełkowania?

Nie myślcie jednak, że sama wilgoć wystarcza do kiełkowania. Gdyby teraz była zima i temperatura dosięgałaby zaledwie dwóch lub trzech stopni ciepła, to ziarnko to nie kiełkowałoby będąc nawet namoczonem; przy 10 stopniach ciepła kiełkowanie byłoby powolne. Teraz jest lato, termometr nasz pokazuje 20° ciepła: kiełkowanie było bardzo szybkie. Tak więc, oprócz wilgoci, aby rośliny mogły kiełkować, potrzebne jest jeszcze ciepło.

To jeszcze nie wszystko: groch nasz kiełkował dlatego, iż był na powietrzu. Gdybym go pogrążył w wodzie, nie kiełkowałby on wcale, nawet pomimo ciepła. Potrzebne mu jest bowiem powietrze. Domyślacie się zapewne, jaki gaz jest mu potrzebny. Oczywiście tlen, azot nie służy mu bowiem do niczego; pochłania on tlen, oddycha nim, wydziela zaś kwas węglany, zupełnie jak zwierzęta.

Patrzcie, oto butelka dobrze zatkana (fig. 3), do której wrzuciłem kilka ziarnek jęczmienia i nalałem trochę wody. Ziarenka te zaczęły kiełkować, ale potem zamarły skoro tylko wyczerpały wszystek tlen zawarty w butelce. Zaraz wam tego dowiodę. Zapalam słomkę i wpuszczam ją do butelki: słomka gaśnie natychmiast, ponieważ w butelce niema tlenu.

Jeżelibym posiadał pewien przyrząd, używany przy doświadczeniach w chemji, to dowiódłbym wam z łatwością, że butelka zawiera kwas węglany.

Tak więc ziarnko kiełkujące pochłania tlen, wydziela zaś kwas węglany; oddycha ono jak zwierzęta.

Wiecie już, że kwas węglany powstaje przez połączenie tlenu z węglem przy spalaniu węgla. Skąd więc ziarenko czerpie węgiel, który spala w ten sposób?

Zużywanie węgla podczas kiełkowania. Spojrzyjcie tylko na liście grochu, który już kiełkował. Są one miękkie, pomarszczone, prawie puste, gdy tymczasem przedtem były pełne i twarde. One to dostarczyły węgla roślinie. Zawierały one bowiem mąkę i krochmal bogate w węgiel; mąka i krochmal znikły już prawie zupełnie, groch ten nie byłby już dobry do jedzenia.

Rośliny w ciemności i rośliny w świetle. To zużywanie węgla może trwać bardzo długo. Oto drugie ziarenko grochu

---

Czy sama wilgoć wystarcza do kiełkowania? Czegóż potrzeba jeszcze? Czego zatem potrzebuje kiełkująca roślina?

Jaki gaz czerpie roślina z powietrza, tlen czy azot? Co dostarcza młodej roślince węgla, który spala ona z pomocą tlenu powietrza?

(fig. 4), które zasiałem, tak jak i pierwsze, w doniczce, napełnionej wilgotną gliną, tylko, zamiast wystawić ją na światło, trzymałem moją roślinkę zamkniętą w szafie. Widzicie, że roślinka ta jest zupełnie żółta, a wybujała łodyga jej ma napewno 60 centymetrów wysokości. Otoż gdybym ususzył tę roślinkę — łodygę żółtą i listki, które ona wypuściła, to przekonalibyście się, że roślina ta waży daleko mniej niż ususzone ziarnko grochu, który nie kiełkował. Liścienie jej są zupełnie suche i puste.

Fig. 4. Groch, który kiełkował w ciemności. Jest on pożółkły i stracił na wadze, musiał się bowiem ograniczać węglem, jaki zawierają liścienie.

Fig. 5. Groch, który kiełkował na świetle. Jest on zielony i zyskał na wadze: czerpał bowiem węgiel z kwasu węglanego powietrza.

A teraz spojrzyjcie na tę roślinkę (fig. 5), zasadzoną tego samego dnia co i pierwsza, w takiej samej doniczce, napełnionej wilgotną gliną. Roślinka ta była wystawiona na światło, patrzcie jak łodyga jest zielona, liście szerokie i zielone. Ususzona ważyłaby znacznie więcej, niż uschnięte ziarenko grochu.

Tak więc: roślinka postawiona w cieniu jest żółta i traci bardzo na wadze, roślinka wystawiona na światło jest zielona i zyskuje na wadze.

Światło powiększa ciężar roślin. Zatem światło sprawia, iż rośliny są zielone i powiększa ich ciężar. Ale skąd roślina czerpie to, co powiększa ciężar jej materji suchych, gdyż, rzecz jasna, nie biorę tu w rachubę wody. Czy czerpie ona to z ziemi, czy z powietrza?

Łatwo nam jest dowieść, że roślina nasza nie zaczerpnęła nic z ziemi. Doniczka była napełniona gliną wilgotną, z tym samym

---

Jak wygląda groch, który wyrosł w ciemności?

skutkiem mogłaby ona być napełniona potłuczonem szkłem lub porcelaną. Roślina nie znajduje tam dla siebie nic pożytecznego; zresztą łatwo nam jest przekonać się, że glina nie straciła nic na wadze.

Czy zatem zaczerpnęła to z powietrza?

Tak. Ale cóż takiego z powietrza zaczerpnąć mogła? Jest to rzecz nader ciekawa i długo nie umiano sobie na to odpowiedzieć. Oto roślina, aby wzrastać, czerpie z powietrza **kwas węglany**, rozkłada go i **pochłania węgiel**, tlen zaś **zwraca**. Zaraz wam tego dowiodę.

Pochłanianie kwasu węglanego. Priestley, znakomity chemik angielski (1733 — 1804), zrobił następujące doświadczenie. Zamknął pod kloszem dwie myszy, które, jak się domyślacie, udusiły się, wyczerpawszy wszystek tlen powietrza i napełniwszy słój kwasem węglanym. Wówczas do tego samego klosza uczony wstawił roślinkę, mającą już listki. Roślinka nie zamarła, przeciwnie, zdawało się, iż pozostawanie pod kloszem wychodzi jej na dobre. W kilka dni potem Priestley wyjął z pod klosza roślinkę i wpuścił tam znowu mysz. Otóż myszka nie umarła natychmiast, pomimo, że powietrze to zadusiło jej poprzedniczki; żyła ona przez czas jakiś, dopóki nie wyczerpała tlenu powietrza i dopiero wówczas uległa temu samemu losowi co i dwie pierwsze myszki.

Roślinka zatem oczyściła powietrze, zepsute przez zwierzęta.

Wyobraźcie sobie, jakie było zdumienie uczonego; tem większe, że w owe czasy nie wiedziano jeszcze dobrze, co to jest powietrze, kwas węglany, tlen.

Dzisiaj, dzięki chemji, zdajemy sobie jasno sprawę z tego zjawiska. Wiemy już, że rośliny czerpią kwas węglany, rozkładają go, pochłaniają węgiel, wydzielając tlen. Doświadczenie Priestley'a jest dla nas zupełnie jasne. Myszy wyczerpały tlen, a przytem zatruły powietrze wydzielając kwas węglany: oto przyczyna ich śmierci. Roślina pochłonęła kwas węglany, przyczem zatrzymała węgiel, wydzieliła zaś tlen, oczyszczając tym sposobem powietrze.

Czy waży on mniej czy więcej, niż ziarnko grochu, który nie kiełkował? Jak wygląda groch, który wyrósł w świetle? Czy waży on mniej czy więcej od ziarnka grochu?

Skąd roślina czerpie to, co powiększa jej ciężar? Cóż zatem czerpie ona z powietrza?

Rola światła i części zielonych rośliny. Badania wykazały, że na to, by roślina oczyszczała powietrze, potrzebne są dwa warunki: 1-o Trzeba, aby roślina była zielona, gdyż tylko zielone części rośliny rozkładają kwas węglany; 2-o trzeba aby roślina była wystawiona na słońce, lub przynajmniej na światło. Im więcej jest światła tem prędzej następuje rozłożenie kwasu węglanego; w ciemności ustaje ono zupełnie.

Fig. 6. Pod działaniem światła zielennice rozłożyły kwas węglany wody, pochłonęły węgiel a wydzieliły tlen.

Doświadczenie. Zaraz zrobimy doświadczenie, które przekona was o tem, co mówiłem. Oto duży słoik szklany, przezroczysty (fig. 6); napełniłem go wodą już kilka godzin temu, dlatego, by miała czas ogrzać się trochę. Piotrusiu idź do ogródka i przynieś mi z beczki od polewania garstkę tych długich nitek zielonych, zwanych zielenicami. — Dobrze. Zawieszam je na brzegu słoja, tak aby część ich była pogrążona w wodzie.

Chodźmy teraz tu na słońce i zaczekajmy chwileczkę. Czy widzicie małe banieczki gazu, wytwarzające się na naszych nitkach? Poruszam zlekka słojem, widzicie, że banieczki te wypływają na powierzchnię wody. Gaz ten jest to tlen czysty, który roślina zielona utworzyła pod działaniem światła, rozłożywszy kwas węglany, rozpuszczony w wodzie, gdyż woda zawsze zawiera kwas węglany.

Poruszam tedy silnie nitkami, aby wydzielić z nich wszystkie banieczki tlenu, poczem nakrywam słoik pudełkiem nieprzezroczystem, pogrążając tym sposobem wszystko w ciemności. Po skończonej lekcji zdejmiemy to pudełko i zobaczymy, że roślina nie będzie już wydzielała nowych banieczek tlenu, a to dlatego, że pozostawała w cieniu.

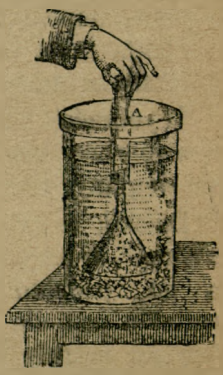


Fig. 7. Pewien wodorost rzeczny wydziela wielką ilość tlenu.

Jeżelibyśmy mieli tu w słoiku pewien wodorost, rosnący w rzekach, to zobaczylibyście, że w świetle wydziela on tyle tlenu, iż możnaby tlen ten zapomocą lejka zebrać w rurkę (fig. 7) i wówczas rozpalić żarzącą się zapałkę, jak to

---

W jakich warunkach roślina może oczyszczać powietrze?

robiliśmy poznając chemję. Słowem: aby roślina mogła oczyszczać powietrze trzeba, aby była zielona i wystawiona na światło.

Części niezielone roślin. A rośliny niezielone, albo rośliny zielone, ale pozostawione bez światła, jakiż wpływ mają? Jakie jest ich działanie w nocy, naprzykład.

Rośliny niezielone, grzyby np. oraz części roślin niezielone, jako to: kwiaty, owoce, korzenie, drzewo postępują tak jak zwierzęta: pochłaniają tlen z powietrza a wydzielają kwas węglany, niezależnie od tego, czy będą one wystawione na światło, czy też pozostawione w ciemności. Części roślin zielone nie działają wcale w nocy.

Streszczenie. Teraz przekonam się, czyście dobrze zrozumieli wszystko. Powiedz mi, Piotrusiu, jakie jest działanie roślin zielonych w dzień? — Oczyszczają one powietrze, pochłaniając węgiel kwasu węglanego a wydzielając tlen. — Dobrze, ale które mianowicie części rośliny oczyszczają powietrze? — Liście, oraz kora zielona. — Tak, a korzenie i masa drzewna? — Pochłaniają tlen powietrza a wydzielają kwas węglany, zupełnie tak jak zwierzęta. — Doskonale.

A zatem jedna i ta sama roślina zielona, wystawiona na światło, podlega dwu różnym objawom: wytwarzaniu kwasu węglanego przez części jej niezielone i pochłanianiu kwasu węglanego przez części zielone. Ale ten drugi objaw zachodzi w stopniu znacznie większym tak, że w rezultacie roślina zielona nietylko nie dodaje kwasu węglanego powietrzu, lecz czerpie zeń jeszcze tlen, który się tam znajduje.

Jaką rolę gra pochłanianie kwasu węglanego u roślin? Niekiedy „oddychaniem roślin“ ludzie nazywają pochłanianie przez nie kwasu węglanego powietrza. Jest to niesłuszne. Części niezielone roślin oddychają, co prawda, jak zwierzęta, ale rozkładanie kwasu węglanego przez części zielone w niczem nie przypomina oddychania. Jest to raczej trawienie. Rozśmieszyło to pana Pawła, bawi go to, że rośliny trawią. Dlaczegóż to wydaje ci się tak zabawnem? — Bo rośliny nie mają żołądka, jakże więc mogą trawić. — Nie masz słuszności, mój chłopcze: bardzo wiele zwierząt niższego rzędu nie posiada wcale przewodu pokar-

---

Jakie jest działanie roślin niezielonych, jak grzyby lub też części niezielonych rośliny? Jakie jest działanie roślin zielonych w nocy?

Dlaczego pochłanianie kwasu węglanego przez części zielone roślin jest trawieniem?

mowego, co nie przeszkadza im jednakże trawić. Karmią się one dotykając pokarmów ciałem i trawią również zapomocą całego ciała. Ale, powiedz mi, dziecko, dlaczego trawimy? — Ażeby się odżywiać. — Dobrze; a czy ty myślisz, że roślina, rozkładając kwas węglany, nie odżywia się przez pochłanianie węgla? Roślina uschnięta zawiera węgla mniej więcej połowę ilości swej wagi. Węgiel ten czerpie ona z kwasu węglanego powietrza i trochę z wody, którą ciągnie z ziemi zapomocą korzeni. Widzicie więc, że jest to raczej trawienie, niż oddychanie.

Fig. 8. Części zielone rozkładają kwas węglany powietrza, zachowując węgiel a zwracając tlen.

Oto dlaczego groch nasz, posilając się pod działaniem światła, zyskał na wadze, oto dlaczego rosną i rozwijają się wszystkie rośliny zielone (fig. 8). Cały dzień przepędzają one na rozkładaniu kwasu węglanego, na zaopatrywaniu się w węgiel, na rośnięciu i powiększaniu swej wagi. Nocą rośliny odpoczywają, chociaż i wtedy nawet spożywają one trochę węgla, nagromadzonego w dzień i wytwarzają kwas węglany.

Zima. Co chcesz powiedzieć, Janku? — A co się dzieje zimą, kiedy liście opadną? — Bardzo rozumne pytanie. Zimą, moje dziecko, odbywa się to samo, co nocą w lecie. Roślina oddycha i spożywa we dnie i w nocy węgiel nagromadzony podczas lata. To też w końcu zimy, rośliny ważą mniej (w materjach suchych, rzecz oczywista), aniżeli na początku, Żyją one bowiem jedynie z zapasów nagromadzonych, ale jeżeliby to ciągnęło się zbyt długo, roślina zamarłaby wkońcu.

No, a ty co powiesz, Piotrusiu? — Chciałbym wiedzieć, do czego służą korzenie, jeżeli roślina żywi się zapomocą liści? Dlaczego podlewamy kwiaty, dlaczego uprawiamy ziemię? — Cierpliwości, chłopcze, zaraz ci odpowiem na wszystkie twe pytania po kolei.

Rola korzeni. Do czegóż więc służą korzenie? Przedewszystkiem do przymocowania rośliny do ziemi, inaczej bowiem wiatr

---

Co dzieje się zimą, kiedy liście opadają? Do czego przedewszystkiem służą korzenie?

poprzewracałby wszystkie rośliny. Jest to rzecz jasna i zrozumiała, nieprawdaż?

Dlaczego podlewamy rośliny? Zastanów się chwileczkę. Roślina to jakby gąbka napełniona wodą; schnie ona bardzo prędko na powietrzu, będąc wyrwana z ziemi. Uschłaby ona również, będąc nawet w ziemi, gdyby nie to, że korzenie jej, zagłębione w grunt mniej lub więcej wilgotny, dostarczają roślinie wody. Dlatego to, gdy grunt jest suchy, trzeba go koniecznie polewać.

Posłuchaj zatem uważnie. Liść usechłby prędko na słońcu, czerpie wodę z gałązki, na której rośnie, gałązka czerpie ją z łodygi, a łodyga z korzenia, zagłębionego w ziemi (fig. 9). Woda liści paruje w powietrze, ale wkrótce otrzymują one nowy zapas wody, która przechodzi przez drobne rureczki, znajdujące się w drzewie; przechodzi ona również między drzewem a korą.

Nie powinno się nigdy podlewać roślin lekkomyślnie, na chybił trafił. Trzeba brać pod uwagę stan temperatury, suchość powietrza, wiatr, ilość liści, jaką posiada roślina, trzeba znać jej upodobania, gdyż są rośliny, które potrzebują dużo wody, inne zaś obywają się bez niej bardzo chętnie. Są to rośliny o korzeniach mięsistych, które pewną ilość wody odkładają zawsze na zapas, lub też rośliny, których korzenie sięgają bardzo głęboko w ziemię, dochodzą one do warstw zawsze wilgotnych.

Fig. 9. Korzenie dostarczają roślinie wody oraz wszystkich substancji, które czerpią z gruntu.

Substancje odżywcze ziemi. Woda, którą ciągną z ziemi korzenie, nie jest wodą czystą, dystylowaną; zawiera ona wiele substancji rozpuszczonych i korzenie roślin pochłaniają je wraz z wodą.

Substancje te są bardzo pożyteczne dla roślin, bo trzeba wam wiedzieć, że ciało roślin, oprócz wody i węgla, zawiera też pewną ilość azotu, fosforu, potażu, wapna i żelaza. Wszystkich tych substancji dostarcza im woda, wciągana z ziemi przy pomocy korzeni.

Konieczność uprawiania ziemi. Rzecz jasna, że rozpuszczając ciągle substancje pożywne ziemi, woda w końcu wyczerpu-

---

A jeszcze jaką usługę oddają one roślinie? Jakim sposobem się to odbywa?

je ją zupełnie tak, że nie zostawia w niej nic, czemby mogły żywić się. W przyrodzie dzikiej ziemia wynagradza sobie te straty.

Roślina rośnie, pochłania wszystkie substancje pożywne ziemi, a kiedy już wyczerpie wszystko zamiera, pada, gnije i zwraca ziemi to, co od niej otrzymała. Ale tam, gdzie człowiek korzysta z roślin, rzecz się ma zupełnie inaczej. Kiedy roślina urośnie ścinamy ją lub zrywamy, biorąc ją na swój użytek. A któż powróci ziemi straty, jakie ponosi ona żywiąc zboża, jarzyny i t. d. Ziemia wyczerpuje się coraz bardziej i po dwóch lub trzech zbiorach nie mogłaby już nic dać roślinom; na takiej ziemi nic już wzejść nie może. Trzeba więc zwrócić ziemi to, co jej rośliny zabrały.

W tym celu właśnie uprawiamy ziemię nawozem, który zawiera dużo azotu, a tem samem jest bardzo pożyteczny dla roślin. Trzeba jednak byście wiedzieli, że nie wszystkie rośliny możemy uprawiać jednakowym nawozem; nawóz powinien zawierać jaknajwięcej substancji takich, jakie zabrała ziemi roślina, która na niej rosła. Tak np. wino zawiera wielką ilość potażu, to też winnice uprawiamy popiołem, który jest bogaty w potaż; zboże zawiera fosfor, pożądanem więc jest, abyśmy uprawiali grunt, na którym ono rośnie, fosfatem kości.

Oto wszystko, co mogę powiedzieć wam w tej kwestji; ucząc się rolnictwa, poznacie to szczegółowiej.

Muszę dodać jedno. Mówiłem przed chwilą, że roślina w stanie dzikim rośnie, zamiera, gnije, zwracając w ten sposób ziemi to, co z niej wzięła. Otóż roślina taka, gnijąc, oddaje ziemi nawet to, co zaczerpnęła z powietrza, czyli węgiel i azot. Rozumiecie teraz jasno, dlaczego grunt, pozostawiony odłogiem, wypoczywa, staje się żyznym przez porastanie chwastem, który jest jakby rodzajem nawozu naturalnego.

Rośliny produkują, a zwierzęta spożywają. Poznaliście już teraz mniej więcej życie roślin i rozumiecie, dlaczego są one niezbędne dla zwierząt. Wiecie, że oczyszczają one powietrze, czerpiąc zeń węgiel; wiecie, że korzenie roślin ciągną wodór i tlen wody i azot z substancji znajdujących się w ziemi. Z tego wszystkiego rośliny wytwarzają materje organiczne, niezbędne dla zwierząt, jako to: krochmal, cukier, olej i t. d.

Czy woda wciągana przez korzenie jest wodą czystą? Co zawierają rośliny oprócz wody i węgla? Co im dostarcza tych substancji?

Zwierzęta nie wytwarzają nic, przerabiają one tylko, nieustannie spalają lub zamieniają w wodę, w kwas węglany i w materje mineralno-azotowe substancje organiczne, wytwarzane przez rośliny z tych właśnie składników.

Zwierzęta żywią się roślinami (trawożerne) lub też ciałem zwierząt, które spożywały rośliny (mięsożerne), tak że w rezultacie zwierzęta żyją dzięki roślinom. Ale za to, kiedy zwierzę umiera, roślina czerpie z trupa pożywienie i przytem rośliny pochłaniają kwas węglany wydzielany przez zwierzęta, oraz żywią się pozostałościami pożywienia zwierząt. Widzicie więc, że jest to jakby koło, które, przechodząc przez powietrze i ziemię, idzie od roślin do zwierząt, a od zwierząt znowu do roślin.

Słońce jest niezbędnym warunkiem życia. Cały ten proces byłby niemożebny bez istnienia słońca. Gdyby słońce zagasło, części zielone roślin przestałyby działać, co więcej zginęłyby same, stając się żółtemi, jak rośliny żyjące w cieniu. Wynikiem tego byłaby niemożność wytwarzania substancji organicznych, co pociągnęłoby za sobą śmierć zwierząt. Słońce jest zatem pierwszym, niezbędnym warunkiem życia, ono udziela światła i ciepła, podtrzymując tym sposobem życie.

Fig. 10. Mimoza w stanie normalnym. Po dotknięciu. Uśpiona w nocy.

Czem powinno się uprawiać winnice? Czem powinno się uprawiać zboże? Co czynią rośliny z substancjami, które pochłaniają?

Oto wszystko, co wam powiem o fizjologji roślin. Zostaje nam jeszcze bardzo wiele ciekawych rzeczy do rozpatrzenia, a mianowicie: czem są właściwie substancje, utworzone przez liście roślin; jakim sposobem cukier, zawarty w liściach i łodydze winorośli i zboża, opuszcza te narządy i tworzy słodycz winogron i krochmal ziarnek zboża; jak buraki w pierwszej połowie swego rozwoju nagromadzają w korzeniach cukier, który wydają dopiero w drugiej, czyli w czasie kwitnięcia, co nazywamy snem roślin. Dowiecie się również, że są rośliny odznaczające się taką wrażliwością, że pod wpływem dotknięcia lub zmiany temperatury stulają na jakiś czas listki, a nawet opuszczają gałązki. Do roślin takich należy, między innemi, czułek, czyli mimoza (fig. 10).

Widzicie więc, że pojęcia wasze o fizjologji roślin są tylko bardzo ogólne, że powinniście starać się koniecznie uzupełniać je dalszą nauką i czytaniem. Teraz tylko szło mi o to, abyście zrozumieli, jakim sposobem rośliny wytwarzają substancje organiczne, i mam nadzieję, żeście to pojęli doskonale.

STRESZCZENIE. — FIZJOLOGJA ROŚLIN.

Kiełkowanie. — Wilgoć jest pierwszym warunkiem kiełkowania. Oprócz tego potrzebne jest jeszcze ciepło i powietrze.

Ziarnko czerpie z powietrza tlen, pochłania go, oddycha nim, spala go, wydzielając kwas węglany, jak to czynią zwierzęta.

Do spalania potrzebny jest węgiel. Mała roślinka znajduje go w liścieniach.

Jeżeli ziarnko kiełkuje w ciemności, kiełkowanie to odbywa się jedynie przy pomocy węgla zawartego w liścieniach; roślinka taka ma barwę żółtą i jeżeli zważymy ją po ususzeniu, to przekonamy się, że waży ona mniej, niż ziarnko grochu, który nie kiełkował. Tak więc roślina rosnąca w ciemności jest żółta i traci na wadze.

Przeciwnie, roślina rosnąca w świetle jest zielona, a ususzona waży więcej, niż ziarnko grochu. Pochodzi to stąd, że wyczerpawszy węgiel liścieni roślina rosnąca w świetle czerpie z powietrza kwas węglany, rozkłada go zatrzymując węgiel a wydzielając tlen.

Czy zwierzęta również wytwarzają cokolwiek? Czem żyje zwierzę? Jakie usługi zwierzęta oddają roślinom? Z czem możemy porównać wzajemne usługi, jakie oddają sobie rośliny i zwierzęta? Co stałoby się z roślinami, gdyby słońce zagasło?

Rola światła i części zielonych roślin. Zatem rośliny oczyszczają powietrze, ale pod dwoma warunkami: 1-o trzeba, aby roślina była zielona, gdyż tylko zielone części rośliny mają własność rozkładania kwasu węglanego; 2-o, aby roślina była wystawiona na słońce, lub przynajmniej na światło. W ciemności rozkładanie kwasu węglanego ustaje zupełnie.

Części niezielone roślin. Części niezielone, jako to: kwiaty, owoce, korzenie, drzewo pochłaniają tlen powietrza a wydzielają kwas węglany, zupełnie tak jak to czynią zwierzęta.

Trawienie roślin. Tak więc części niezielone roślin oddychają jak zwierzęta; rozkład kwasu węglanego przez części zielone jest raczej trawieniem, niż oddychaniem. W samej rzeczy roślina odżywia się węglem, który pochłania, zupełnie tak, jak zwierzęta odżywiają się węglem, zaczerpniętym z pokarmów.

Zimą, kiedy rośliny są ogołocone z liści, czyli z części zielonych, odżywiają się one węglem, nagromadzonym podczas lata.

Rola korzeni. Korzenie służą przedewszystkiem do przymocowania roślin do ziemi, nie na tem jednak kończy się ich rola. Woda, którą korzenie ciągną z ziemi, zawiera azot, fosfor, potaż, krzemień, wapno i żelazo. Rośliny wszystkie te substancje pochłaniają.

Konieczność uprawy ziemi. Rośliny pochłaniają ciągle substancje odżywcze ziemi, wkońcu zatem wyczerpują ją zupełnie. Dlatego też niezbędne jest uprawianie ziemi.

Rośliny produkują, zwierzęta spożywają. Tak więc rośliny, dzięki substancji zielonej i słońcu, czerpią z powietrza węgiel, z ziemi wodór i tlen wody, a także azot i różne substancje mineralne. Z tego wszystkiego wytwarzają one substancje organiczne, niezbędne dla zwierząt: krochmal, cukier, oleje i t. d.

Zwierzę nie produkuje nic, przerabia ono jedynie w wodę, w kwas węglany i w materje mineralno-azotowe substancje, wytwarzane przez rośliny z tych właśnie składników. A do tego wszystkiego konieczne jest słońce.

TEMATY DO ĆWICZEŃ.

ĆWICZENIE 1-sze. Jak oddycha kiełkująca roślina? — Różnice pomiędzy rośliną kiełkującą i rosnącą w ciemności, a rośliną kiełkującą i rosnącą w świetle.—Jak oddycha roślina rosnąca?

ĆWICZENIE 2-gie. Doświadczenie Priestley'a wykazujące pochłanianie przez części zielone roślin kwasu węglanego powietrza.

ĆWICZENIE 3-cie. Rola niezielonych części roślin. — Co robią części zielone nocą? — Co robi drzewo ogołocone z liści zimą?

ĆWICZENIE 4-te. Czy pochłanianie przez rośliny kwasu węglanego nie jest raczej trawieniem, niż oddychaniem?

ĆWICZENIE 5-te. Rola korzeni. — Konieczność uprawiania ziemi, nawozy.

VIII. — WIEDZA STOSOWANA.

---

1. Co zawiera się w wodzie. Woda rzek, jezior, studni a nawet źródeł nie jest nigdy bezwzględnie czysta. Zawiera ona ciała obce, które bądź zawisają w niej, bądź też rozpuszczają się w niej zupełnie.

Muszę wam najpierw wytłomaczyć różnicę między tymi dwoma zjawiskami. Rozumiecie sami, że kawałek drzewa, pływający po wodzie, nie rozpuszcza się, ale zawisa w niej; lecz weźmy teraz inny przykład. Zdarza się często, że woda jest mętna, błotnista, zawiera bowiem cząsteczki gliny, które mącą jej przezroczystość i tworzą tak zwany muł. Myliłby się ten, ktoby myślał, że muł jest rozpuszczony w wodzie; przeciwnie, jest on w niej tylko zawieszony, czego dowodem, że jeżeli woda, zawierająca muł, przestaje płynąć, a natomiast zbiera się w jeziorze, wówczas staje się przezroczysta, gdyż muł jej osiada na dnie. Jest to zupełnie tak samo, jak gdy kurz, znajdujący się w powietrzu, wiruje w promieniach słońca. Kiedy powietrze uspakaja się, kurz osiada na meblach, tworząc warstwę mniej lub więcej grubą; kurz ten był zawieszony w powietrzu podobnie, jak muł jest zawieszony w wodzie.

A oto mam tu trochę miałkiego cukru, wsypuję go do szklanki z wodą. Widzicie, że woda staje się mętna, mieszam ją dobrze łyżeczką i oto po pewnym przeciągu czasu cukier rozpuszcza się w wodzie, która staje się słodka.

Rozumiecie dobrze, że woda, płynąca jakiś czas po powierzchni ziemi, jak również woda, wypływająca z głębin ziemi, musi

zawierać dużo substancji, które w niej zawisają. Co więcej, ponieważ woda przepływa przez różne ciała rozpuszczalne, zawiera więc w sobie również rozpuszczone takie substancje jak węglan wapnia naprzykład.

2. Jakim sposobem otrzymujemy wodę zdatną do picia. Woda, w której zawisło dużo substancji, nie jest zdatna do picia, choćby przez to, że jest mętna, a zatem bardzo nieapetyczna.

Myślicie pewnie, że bardzo łatwo można ją oczyścić, nalawszy do naczynia i pozostawiwszy w spokoju: wówczas wszystkie substancje opadną na dno i woda stanie się czystą. To prawda, ale tym sposobem oczyścilibyście ją tylko trochę. Woda wasza stałaby się czysta, lecz mimo to zawierałaby jeszcze zawisłe w niej drobniutkie ciała. Mogłaby też zawierać mnóstwo mikrobów. Jedynie woda źródlana i tylko w miejscu, w którem bije ona z ziemi, nie zawiera żadnych mikrobów; woda najbardziej nawet przezroczysta może być nimi przepełniona.

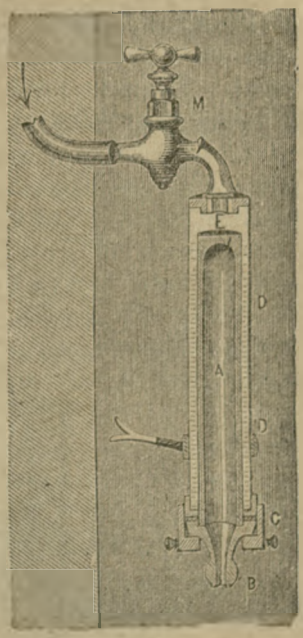


Fig. 1. Filtr systemu Pasteur'a. Świeca filtrująca AB jest z porcelany dziurkowatej, przytem ma otwór w punkcie B. Otoczona jest cylindrem niedziurkowatym DD. Kiedy otwieramy kran M, woda napływa naokoło świecy AB, filtruje się wolna przez jej ścianki, ściekając po kropli przez otwór B. Do tego, aby przepchnąć płyn przez pory, potrzebne jest ciśnienie w M. Filtr ten zatrzymuje nawet mikroby, gdy tymczasem wszystkie inne filtry nie zatrzymują ich.

Otóż wiecie już, że mikroby są często bardzo szkodliwe, połknięte zaś przez człowieka są powodem chorób niebezpiecznych. Jeżeli więc nie możemy mieć wody źródlanej, trzeba koniecznie oczyścić wodę, którą pijemy, ze wszystkich zawieszonych w niej cząstek.

Trzeba zatem koniecznie wodę filtrować. Filtrowanie polega na tem, że przepuszczamy wodę przez ciało dziurkowate, którego otworki są tak małe, że przepuszczają tylko płyn, zatrzymują zaś mikroby, muł i t. d.

Najlepszem z tych ciał porowatych jest porcelana wypalona

a nie pokryta emalją, używana do filtrów systemu Pasteur'a (fig. 1). Żwir, którym posługują się dość często, ma otwory, czyli pory, zbyt duże, nie zatrzymuje więc mikrobów i woda filtrowana przez żwir jest niebezpieczna do picia.

Ponieważ na wsi trudno jest mieć filtr porcelanowy można posługiwać się filtrem ze żwiru, który oczyszcza wodę z mętów, a następnie przegotowywać ją, uwalniając tym sposobem od mikrobów. Mikroby przedostają się przez pory żwiru, ale gotowanie zabija je zupełnie.

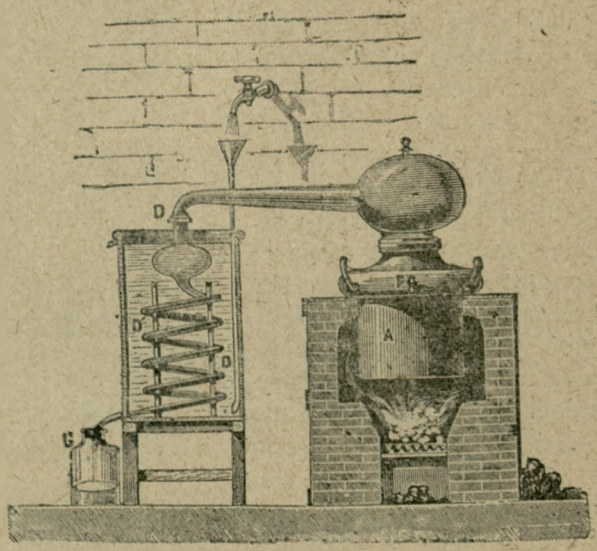


Fig. 2. Dystylacja wody.

Woda przegotowana jest ciężka i niestrawna, gdyż powietrze zawarte w niej ulatnia się przez gotowanie. Trzeba więc wstrząsać ją jakiś czas na powietrzu, bić tak, jak ubijamy pianę z białek.

Zachowując te ostrożności możecie być pewni, że nie narażacie się na choroby, w przeciwnym razie jakże łatwo nabawić się tyfusu lub innych chorób równie ciężkich.

3. **Dystylacja wody**. Filtrowanie pozbawia wodę jedynie ciał w niej zawieszonych, dystylacja czyni ją zupełnie czystą, pozbawiając substancji w niej rozpuszczonych. W tym celu w dużych zakładach używają przyrządu zwanego alembikiem. Jest to

duży kocioł A (fig. 2), do którego nalewają wody. Kocioł ten łączy się z pozginaną rurką D, zwaną wężownicą. Wężownica jest pogrążona w zimnej wodzie.

Chcąc przedystylować wodę, gotujemy ją, wówczas woda paruje, a wchodząc do wężownicy ochładza się, skrapla i ścieka do naczynia przez dolny otwór G wężownicy. Substancje, które zawierała woda, np. sole, pozostają w kotle i tworzą tam skorupę, z której trzeba oczyszczać kocioł dość często.

4. Dystylacja sucha. Wyrób gazu oświetlającego. Wiecie już, że węgiel kamienny zawiera gaz i do tego gaz tak niebezpieczny, że powoduje często w kopalniach straszne wybuchy. Z niego to właśnie wyrabiamy gaz świetlny. Ażeby oddzielić go od węgla kamiennego, kładziemy ten węgiel do kociołka C (fig. 3) i nagrzewamy go bardzo mocno. Wówczas wydziela się gaz, który, będąc wypchnięty przez gorąco, wchodzi do rurki T. Przebiegłszy następnie przez mnóstwo rurek, gaz dostaje się wreszcie do dzwonu G, z blachy, spoczywającego na wodzie i zwanego zbiornikiem.

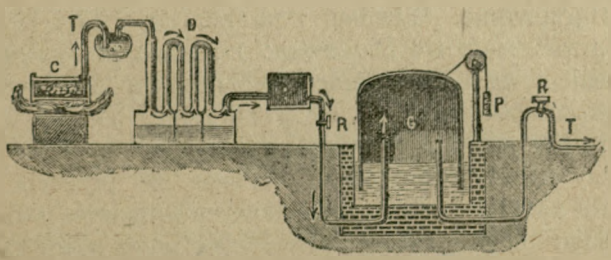


Fig. 3. Wyrób gazu świetlnego.

Kiedy zbiornik jest już pełny, zakręcają kran R, którym gaz przybywa, a odkręcają kran R′. Wówczas gaz, pod wpływem ciśnienia, uchodzi do sieci rur T′, które go rozprowadzają na miejsce przeznaczenia: do latarni, lamp, piecyków i t. d. Trzeba wam jednak wiedzieć, że gaz, wydzielający się z kociołka C, nie jest czysty, zawiera bowiem smołę w stanie lotnym. Smoła, podobnie jak woda, w temperaturze wysokiej zamienia się w parę, a ochłodzona staje się płynem i ciałem stałem, które znacie dobrze. Gdyby więc gaz wchodził do rurek w połączeniu ze smołą, to nie trudno domyślić, że smoła, ochładzając się i przechodząc w stan stały, zatkałaby wszystkie rurki. To też nim gaz

dostanie się do zbiornika G, przechodzi przez szereg chłodzących rur D, gdzie właśnie pozostawia smołę.

Tak więc wyrób gazu świetlnego jest poprostu dystylacją, bardzo podobną do dystylacji wody.

W kociołku C, po wydzieleniu się gazu, pozostaje koks, węgiel prawie czysty, używany na opał.

Mieszając smołę z miałem węgli otrzymujemy aglomeraty w postaci małych cegiełek czarnych, używanych w fabrykach do nagrzewania kotłów maszyn parowych.

Smoła, nagrzewana, zamienia się w płyn, używany do powlekania statków, okrętów, słupów telegraficznych i wogóle drzewa, wystawianego na wilgoć, zabezpiecza je bowiem od butwienia.

Dystylując smołę w alembiku wydobywamy z niej mnóstwo substancji nader pożytecznych, jak naprzykład benzynę, naftalinę o zapachu silnym, chroniącym ubranie i meble od moli i t. p.

Wydobywamy również ze smoły farby: czerwoną, niebieską, bronzową, żółtą. Smoła dostarcza nam także olejów pachnących i lekarstw, np. antypiryny, środka przynoszącego ulgę w migrenach i gorączkach.

5. **Ogrzewanie**. Mówiłem wam już (str. 129 i 131, cz. I), że ciepło rozprzestrzenia się z ogniska: 1-o przez przewodnictwo i 2-o przez promieniowanie. Wytłómaczyłem wam dostatecznie co to jest przewodnictwo (dobre i złe przewodniki ciepła), teraz chcę wam powiedzieć nieco o promieniowaniu.

Weźmy naprzykład słońce. Wiecie, że przesyła ono ziemi jednocześnie światło i ciepło, szle bowiem promienie świetlne wraz z promieniami ciepła, które przechodzą przez powietrze, nie nagrzewając go zbytecznie. To też zimą padające wprost na nas promienie słońca ogrzewają nas dość silnie, pomimo, że powietrze jest bardzo chłodne. Podobnież, wchodząc do pokoju, w którym pali się ogień, odczuwamy ciepło, jeżeli promienie ogniska padają na nas, i to chociażby temperatura pokoju była bardzo nizka. Tak więc słońce i ognisko ogrzewają nas w obydwóch tych razach przez posyłanie promieni, przez promieniowanie.

Piece. Przejdźmy teraz do pieców. Piece nagrzewają głównie przez przewodnictwo, dlatego ogrzewają one prędko powietrze pokoju. Powietrze, otaczające piec, nagrzewa się, podnosi się do sufitu, ochładza się i spuszcza wzdłuż ścian, potem idzie znowu nagrzać się do pieca, znowu podnosi się do góry i tak dalej. Skutkiem tego w bardzo krótkim przeciągu czasu całe powietrze

pokoju przechodzi i nagrzewa się koło pieca; w pokoju zatem jest ciepło.

Piece nagrzewają dobrze, ale przewietrzają źle, gdyż tylko mała ilość powietrza pokoju przedostaje się przez otwór drzwiczek pieca; wchodzi tam tylko tyle powietrza, ile go potrzeba do podtrzymania ognia.

6. METEOROLOGJA.

Meteorologja jest to część fizyki, która zajmuje się zjawiskami atmosfery, objaśnia ona naprzykład co to jest deszcz, wiatr, mgła, szron, burza.

Wiatr. Zobaczmyż najpierw czem jest wiatr. Wiecie, że wiatr jest to poprostu prąd powietrza, mniej lub więcej szybki. Jakaż jest przyczyna zjawiania się takich prądów? Przyczyny są liczne, nie mogę wam jednak objaśnić wszystkich, ograniczę się tylko na jednej. Tylko co mówiłem wam, że w pokoju, ogrzewanym przez kominek, powietrze będąc przyciągane, wchodzi przez szpary okien i drzwi i prąd jego zimny biegnie tuż przy ziemi wprost ku kominkowi.

Otóż przypuśćmy teraz, że dany kraj jest bardzo ogrzewany przez słońce; powietrze będące tuż przy nagrzanej ziemi ogrzewa się i stawszy się lekkiem, wznosi się do wyższych stref atmosfery, zupełnie tak, jak powietrze ogrzane przez płomień ogniska podnosi się, by wejść do rury.

Na miejsce zaś tego powietrza, które wzniosło się w górę, zjawia się powietrze z krajów sąsiednich, mniej nagrzewanych. Powietrze to, przenosząc się z miejsca na miejsce, wytwarza prąd mniej lub więcej silny: jest to wiatr. Widzicie, jakie to proste.

Chmury. Kiedy słońce pada na jeziorko, rzekę, morze lub poprostu na ziemię wilgotną od deszczu, wówczas woda paruje, a para ta idzie do góry, pociągana przez prąd powietrza ogrzanego, wznoszącego się w wyższe strefy. Ale w miarę podnoszenia się w górę powietrze staje się coraz chłodniejsze, dlatego to na wysokich górach leży śnieg, który nigdy nie topnieje. Tak więc para, wznosząc się natrafia na powietrze chłodne, wówczas przemienia się ona w wodę, to jest zgęszcza się w tysiące drobniutkich kropelek, których zbiór tworzy chmurę.

Mgła. Kiedy zimową porą zjawia się wiatr północny, wiatr osuszający i zimny, powietrze ochładza się i mamy mróz. Ale je-

żeli nagle kierunek wiatru się zmieni, kiedy zaczyna dąć wiatr południowy, temperatura momentalnie się zmienia, gdyż powietrze, które on nam sprowadza, jest ciepłe i zawiera dużo pary. Para ta zgęszcza się w drobniuteńkie kropelki i wytwarza tuż przy ziemi chmurę, znaną pod nazwą **mgły**.

Deszcz. Kropelki, tworzące chmury, są po większej części bardzo drobne i pozostają w powietrzu podobnie, jak te pyłki, które widzieliście pewnie nieraz wirujące w promieniach słońca, gdyż powietrze porusza się zawsze mniej lub więcej.

Zdarza się niekiedy, że kropelki chmur są zaduże, by mogły się utrzymać w powietrzu, wówczas padają one na ziemię pod postacią **deszczu**.

Śnieg. Może się zdarzyć, że para wodna, zgęszczając się w górze, zamiast w wodę przemienia się w drobne igiełki lodu. Kiedy igiełki te są bardzo drobne, to zawisają w powietrzu, podobnie jak pyłki kurzu, ale jeżeli są one zbyt duże lub też jeżeli łączą się, tworząc płatki zbyt ciężkie, by mogły utrzymać się w powietrzu, to padają na ziemię pod postacią **śniegu**.

Gołoledź. Czasami w zimie, po silnych mrozach, temperatura staje się nagle łagodną i zaczyna mżyć drobniutki deszczyk.

Deszczyk ten, padając na zamarzłą ziemię, nie wsiąka w nią, lecz zamarza, tworząc szklistą powłokę lodową, po której tak trudno jest stąpać. Zjawisko to nazywamy gołoledzią.

Rosa. Wiosną i na początku lata promienie słoneczne ogrzewają ziemię dość silnie. Z nadejściem nocy ziemia stygnie, ponieważ ciepło jej promieniuje, czyli rozchodzi się na wszystkie strony. Będąc ostudzoną, ziemia podlega takiemu samemu prawu jak butelka, z którą robiliśmy doświadczenie (str. 131, cz. I, fig. 23). Wszakże pamiętacie, że para wodna, zgęszczając się, osiadała na butelce. Tutaj następuje to samo: para wodna, zgęszczając się na ziemi, ochłodzonej przez promieniowanie, tworzy na niej drobniutkie kropelki, zwane rosą.

Szron. Czasami nawet ziemia jest tak silnie ochłodzona przez promieniowanie, że kropelki rosy zamarzają na roślinach, wówczas wszystko naokół jest tak białe, jak gdyby było pokryte śniegiem. Szron jest ogromnie szkodliwy dla kwiatków wiosennych, które zaczynały już kwitnąć, a po spadnięciu na nich szronu zamarzają natychmiast.

7. MASZYNY PAROWE.

Doświadczenia poprzednie (str. 122, cz. I) pokazały wam jak wielką siłę posiada para wodna, zawarta w naczyniach dobrze i silnie zatkanych. Tę ogromną siłę pary zużytkowano na wprowadzenie w ruch maszyn.

Kotły. Trzeba przedewszystkiem zacząć od wytwarzania pary wodnej. Para wytwarza się w kotłach z blachy żelaznej. Kotły te muszą być bardzo mocne, gdyż inaczej para mogłaby je rozsadzić. Do kotłów tych nalewa się wody, która gotuje się dzięki ciągłemu, silnemu ogniowi, jaki utrzymują pod kotłem. Wówczas wytwarza się wielka ilość pary.

Widzicie, że w gruncie rzeczy kocioł jest jakby wielkim garnkiem, napełnionym wodą i szczelnie zamkniętym ze wszystkich stron.

Cylinder. Od kotła idzie rurka D (fig. 4), która prowadzi parę do pudełka V. Pudełko to jest umieszczone na cylindrze, w którym jest ruchomy tłok składający się ze stempla P, osadzonego na trzonie M.

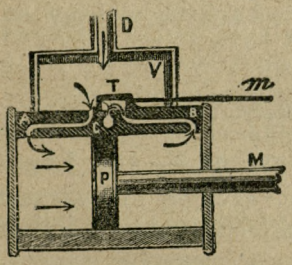


Fig. 4.

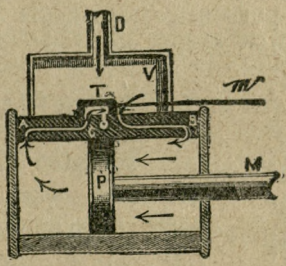


Fig. 5.

W ściankach cylindra znajdują się trzy kanały A, B i C, przyczem kanał A prowadzi ku lewej, a kanał B ku prawej stronie stempla. Co się tyczy kanału C, to ten, zagłębiwszy się w ściankę cylindra, zmienia nagle kierunek i wychodzi na zewnątrz na powietrze.

W miejscu, w którem się zaczynają te 3 kanały A, B i C, znajduje się rodzaj muszelki dość szerokiej, aby przykryć kanał C i jeden z dwóch kanałów sąsiednich A lub B, lecz zbyt wązkiej na to, aby przykryć wszystkie trzy odrazu. Muszelka ta, zwana stawidełkiem, jest osadzona na drągu *m*. Przypuśćmy teraz, że muszelka ta znajduje się w pozycji, jaką widzimy na fig. 4, wów-

czas para, znajdująca się w pudełku V, przechodzi przez kanał A i, napełniwszy cylinder z lewej strony stempla, popycha tłok z nadzwyczajną siłą ku stronie prawej.

Kiedy dopchnie go już zupełnie na prawo, wówczas stawidełko przyjmuje położenie, jakie jest oznaczone na fig. 5. Para, znajdująca się z lewej strony stempla, a która tylko co popchnęła stempel na prawo, przechodzi przez kanał A, dostaje się pod muszelkę i przez kanał C wylata na zewnątrz, na powietrze. Tym sposobem para ta nie może już stawiać oporu, nie może sprzeciwiać się temu, aby stempel powrócił znów na lewo. Otóż, ponieważ jednocześnie para pudełka V przechodzi przez otwarty kanał B z prawej strony stempla, odgadujecie zatem sami, że popycha ona stempel na lewo.

Kiedy stempel powrócił już na dawne miejsce, muszelka przyjmuje położenie wyobrażone na fig. 4, stempel znów jest popchnięty na prawo przez parę, znajdującą się z lewej strony i tak bez końca, aż dopóki nie zamkniemy kranu, przez który para wchodzi do pudełka V.

Widzicie więc, że tym sposobem siła pary zmusza stempel do ciągłych poruszeń, poruszenia te zaś zużytkowujemy do obracania kół i różnorodnych maszyn.

8. ŚWIATŁO ELEKTRYCZNE.

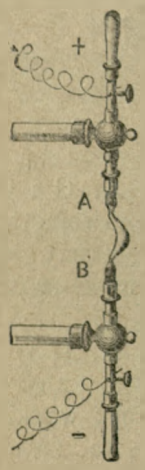


Fig. 6. Lampa łukowa.

Światło elektryczne. — 1-o. Lampa łukowa. Mówiłem wam już (str. 3) jakim sposobem możemy otrzymać prąd elektryczny. Pokazałem wam (str. 7), że łącząc a następnie rozdzielając druty dwóch biegunów stosu otrzymujemy maleńką iskrę. Otóż przypuśćmy teraz, że na końcu każdego z tych drutów umieszczono pałeczkę twardego węgla, który zebrano ze ścianek naczynia służącego do wyrabiania gazu oświetlającego.

Jeżeli prąd elektryczny jest bardzo silny, to zobaczymy, że pomiędzy owemi dwoma kawałeczkami węgla pojawi się mnóstwo iskierek tak oślepiających i tak licznych, tak prędko następujących po sobie, iż będziemy mieli wrażenie, że światło to jest ciągłe. Zobaczymy poprostu płomień AB (fig. 6), ciągnący się nieprzerwanie od jednego węgla do drugiego.

Płomień ten ma kształt rogalika lub łuku i jest tak silny i oślepiający, że z blaskiem jego możemy porównać tylko blask słońca.

2-o. Lampa żarowa. Jeżeli przepuścimy ogromnie silny prąd przez drucik metalowy bardzo cienki, to zobaczymy, że drucik ten stanie się czerwony, jak gdyby był nagrzany w piecu. Zdarza się nawet, że drut ten topi się. Jest to jedna z przyczyn pożarów w domach oświetlanych elektrycznością, jeżeli bowiem drucik, przeprowadzający elektryczność do mieszkań, jest zbyt cienki, a prąd zbyt silny, to drucik rozpala się do czerwoności i zapala otaczające go przedmioty. Tę własność rozpalania się do czerwoności cienkich pręcików, kiedy przez nie przebiega prąd elektryczny, zużytkowano do otrzymywania pięknego i jasnego światła. Spojrzyjcie na rycinę 7-mą; przedstawia ona małą bańkę ze szkła A, z której wypompowano powietrze. Wewnątrz jej widać cieniutki pręcik węgla C. Jeżeli przepuścimy przez ten węgielek prąd elektryczny, to węgielek rozżarzy się do białości, dostarczając przytem jasnego i miłego światła.

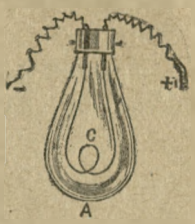


Fig. 7. Lampka żarowa.

— A dlaczego, proszę pana wypompowano powietrze z bańki?

— Dlatego, że gdyby w niej było powietrze, to węgiel nie tylkoby się rozżarzył, ale zacząłby się nawet palić, poczem zniknąłby zupełnie, przemieniwszy się w anhydryt węglany (str. 10), wówczas światło zgasłoby; gdy tymczasem w próżni węgiel, nie mając tlenu, rozżarza się, ale się nigdy nie spala.

Ten rodzaj oświetlenia nadzwyczaj prosty i wygodny wynaleziony został przez Amerykanina, fizyka Edison'a.

9. TELEGRAF ELEKTRYCZNY.

Teraz będziemy mówili o wynalazku względnie niedawnym, a który ogromnie podniósł i rozwinął handel i przemysł. Dzięki niemu dwie osoby, bardzo oddalone od siebie, z których jedna znajduje się w Ameryce, a druga we Francji naprzykład, mogą porozumiewać się z sobą tak prędko, jak gdyby były oddzielone od siebie przestrzenią zaledwie kilkumetrową. Czyż to nie jest rzecz nadzwyczajna, cudowna, a mimo to jakże prosta!

Mówiłem wam już (str. 22), co to jest elektromagnes. Przypuśćmy więc, że taki elektromagnes B (fig. 8) znajduje się w War-

szawie, a w Piotrkowie, naprzykład, jest stos elektryczny P, oraz sprężynka M, która podnosi się w górę sama, skoro przestanę na nią naciskać. Sprężynka ta nazywa się młotkiem lub kluczem do telegrafowania.

Od stołu P do klucza M przeprowadzony jest drut metalowy, który idzie dalej od klucza M w Piotrkowie do elektromagnesu w Warszawie i wraca następnie od elektromagnesu do stosu P w Piotrkowie.

Naprzeciw elektromagnesu, w niewielkiej od niego odległości, znajduje się kawałek żelaza A. Żelazo to, dzięki sprężynce R,

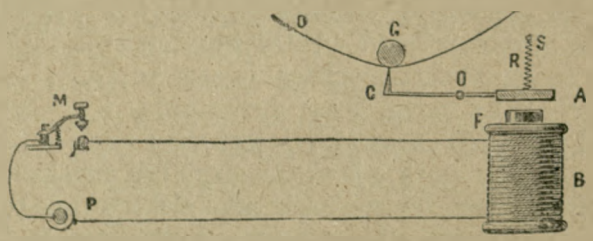


Fig. 8. Telegraf elektryczny.

jest podtrzymywane na pewnej odległości od żelaza F, znajdującego się w środku elektromagnesu. Sztabka miedziana AOC, na końcu której znajduje się żelazo A, może obracać się naokoło śrubki O. Na drugim końcu tej sztabki jest umieszczony ołówek C.

Przypuśćmy teraz, że w Piotrkowie naciskają klucz M. W tejże chwili prąd stosu przebiega drut, ponieważ cały krąg jest teraz zamknięty. Prąd ten przebiega przez druty elektromagnesu wokoło żelaza F, który staje się magnesem. Wówczas żelazo A, będąc przyciągane przez magnes F, opuszcza się, pociągając za sobą sprężynkę R. Jednocześnie ołówek C podnosi się i opiera na pasku papieru, który rozwija się i przesuwa, poruszany mechanizmem zegarowym. Rzecz jasna, że ołówek, opierając się na przesuwającym się papierze, znaczy kreskę, a kreska ta będzie tem dłuższa, im dłużej ołówek na nim pozostawał.

Nagle w Piotrkowie przestają naciskać klucz, który natychmiast się podnosi. Wówczas prąd przestaje przebiegać, żelazo F przestaje być magnesem, sprężynka pociąga za sobą żelazo A, nie przyciągane już przez magnes F, ołówek C opada i nie robi więcej żadnego znaku na papierze, który przesuwa się w dalszym ciągu.

Rozumiecie dobrze, że gdy naciskają przez pewien czas klucz w Piotrkowie, to ołówek w Warszawie znaczy kreskę na przesuwającym się papierze. Jeżeli zaś nacisną klucz raptownie i krótko, to ołówek zatrzyma się na papierze tylko chwilę i zaznaczy punkt jedynie.

Widzicie zatem, że na papierze można zaznaczać dowolnie kreski i punkty, dzięki czemu wynaleziono następujący alfabet:

· —	a	· ·	i	· — · —	r
— · · ·	b	· — — —	j	· · ·	s
— · — ·	c	— · —	k	—	t
— · ·	d	· — · ·	l	· · —	u
—	e	— —	m	· · · —	w
· · — ·	f	— ·	n	— · — —	y
— — ·	g	— — —	o	— — · ·	z
· · · ·	h	· — — · ·	p		

Tak więc imię Janek pisze się telegraficznie tak:

· — — — · — — · — — · —

Przy pewnej wprawie można pisać tym alfabetem równie prędko jak alfabetem zwyczajnym. Wynalazcą tego przyrządu jest Amerykanin, Samuel Morse.

10. TELEFON.

Wynaleziono jednak jeszcze coś lepszego: wynaleziono przyrząd do mówienia, do rozmawiania z osobą bardzo od nas oddaloną. Tak naprzykład jeżeliby Piotruś był w Łodzi, a ja w Warszawie, to on, chcąc ze mną porozmawiać, mówiłby do aparatu, a ja przyłożyłbym ucho do aparatu, połączonego z aparatem Piotrusia za pomocą drutów. I nietylko słyszałbym, co on mówi, ale nawet poznałbym głos jego. Czyż to nie cud?

Aparat ten nazywa się telefonem (od słów greckich „tele“ z oddali i „phonē“ — głos). Chciałbym bardzo opisać wam jego mechanizm, ale nie moglibyście jeszcze zrozumieć tego dobrze, poprzestanę więc tylko na objaśnieniu bardzo uproszczonem.

Jeżeli staniemy przed naciągniętą błoną lub też cieniutką blaszką z metalu albo drzewa i zaczniemy wydawać dźwięki, wów-

czas błona ta zaczyna leciutko drgać. Zjawisko to nie jest wam obce, jeżeli zdarzyło się wam kiedy grać na trzcinie wodnej. Zauważyliście może, że śpiewając w tą trzcinę, wprawiamy w ruch dwie skóreczki cebulki, które poczynają drgać i czynią głos nasz nosowym.

Otóż w telefonach prąd elektryczny przeprowadza drgania blaszki, przed którą mówimy, do drugiej blaszki położonej daleko i połączonej z pierwszą za pomocą drutów metalowych. Ta druga blaszka zaczyna wówczas drgać zupełnie tak samo jak pierwsza. Jakim sposobem to się odbywa? Oto pytanie, którego nie możecie zrozumieć jeszcze, wierzcie mi więc na słowo.

Cóż spowodowało drgania pierwszej blaszki? Wymawiane słowa, powiadacie. Jasna rzecz zatem, że drgania drugiej blaszki, które są zupełnie takie same, jak drgania pierwszej, muszą powtórzyć też same słowa. Tak, że jeżeli ktoś będzie trzymał tę drugą blaszkę przy uchu, to usłyszy wyraźnie głos osoby mówiącej do blaszki pierwszej i nietylko usłyszy głos, lecz zrozumie wszystkie jej słowa.

11. FONOGRAF.

To jeszcze nie koniec. Jest to rzecz cudowna móc słyszeć głos osoby, oddalonej o setki mil od nas, ale cóżbyście powiedzieli o przyrządzie, za pomocą którego możemy usłyszeć głos osoby

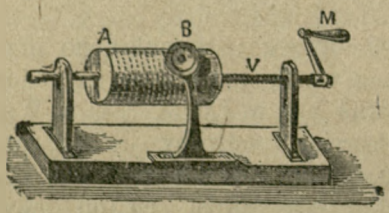


Fig. 9.

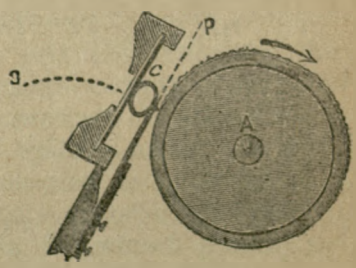


Fig. 10.

dawno już umarłej? Powiecie mi, że to niemożliwe? Otóż przyrząd taki istnieje, a nazywa się fonografem.

Wiecie już, że kiedy mówimy stojąc przed cienką blaszką metalu, to blaszka ta drga. Wyobraźcie sobie teraz, że blaszka taka B (fig. 9) jest zakończona ostrzem, które opiera się na cy-

lindrze z wosku A. Stańmy koło blaszki B, mówmy cokolwiek a jednocześnie obracajmy cylinder za pomocą korby M. Rozumiecie dobrze, że ostry sztyfcik P (fig. 10), będący pod blaszką, porusza się i drga tak samo jak ona. Jeżeli drgania te są bardzo silne, to sztyfcik zagłębia się mocno w wosku i pozostawia na nim dołek głęboki. Gdy drgania są słabe, to sztyfcik P zagłębia się lżej i zaznacza tylko rysę. Kiedy skończymy mówić, to na cylindrze z wosku znajduje się linijka dołków mniej lub więcej głębokich, mniej lub więcej oddalonych od siebie. I oto aparat gotowy.

Kręcimy teraz korbą M w przeciwną stronę tak, aby cylinder stanął znów na dawne miejsce i następnie zaczynamy kręcić korbą tak, jak za pierwszym razem.

Zobaczycie, że ilekroć sztyfcik, przechodząc z jednego zagłębienia w drugie, natknie się na wyniosłość z wosku, tylekroć razem z blaszką B wzniosą się do góry. Napotkawszy zagłębienie, sztyfcik i blaszka opadają na dół.

Podnosząc się i opadając, blaszka będzie drgała zupełnie tak samo, jak drgała wtedy, gdy mówiliśmy stojąc przed nią, usłyszymy zatem to, co było powiedziane. A ponieważ rysy i znaczki na wosku nie zacierają się, więc zachowując taki cylinder przez czas dłuższy, możemy usłyszeć w 10, 20, 30 lub w 100 lat po śmierci słowa wymówione przez sławnych ludzi. Tym sposobem możemy zebrać kolekcje głosów ludzkich tak samo, jak zbieramy kolekcje roślin, owadów i t. p.

12. FOTOGRAFJA.

Widzieliśmy już (str. 134. cz. I), że jeżeli do ciemnego pokoju pada światło przez otwór okiennicy, to, podstawiwszy duży arkusz papieru, możemy otrzymać na nim odbicie tego, co znajduje się na dworzu. Tylko obraz ten będzie odwrócony do góry nogami.

Odbicie to byłoby daleko jaśniejsze, daleko lepsze, gdybyśmy w otwór okiennicy wstawili lupę szklaną. Na tem właśnie polega urzadzenie ciemni aparatu fotograficznego. W punkcie O (fig. 11), widzicie lupę lub soczewkę zwaną objektywem, a w głębi ciemni znajduje się szkło matowe A. Ciemnia ta jest składana, jak mieszek, mogę więc dowolnie przybliżać lub oddalać szkło matowe od objektywu, tak, żeby obraz przedmiotów, które znaj-

dują się przed objektywem, padał jasno i wyraźnie na szkło. Na tem właśnie polega przygotowanie aparatu. Oto aparat nasz jest już gotowy.

Zajrzyj do niego, Piotrusiu. Zarzuć na głowę tę zasłonę czarną i patrz. Czy widzisz obraz na szkle? Tak, ale jest on odwrócony. Dobrze. Teraz zatykam objektyw specjalną pokrywką, a następnie na miejsce szkła matowego wstawiam kasetę, zawierającą płytę szklaną, pokrytą substancją, która zmienia się pod działaniem światła dziennego. To też trzeba dobrze zamykać kasetę, aby płyta nie uległa zniszczeniu.

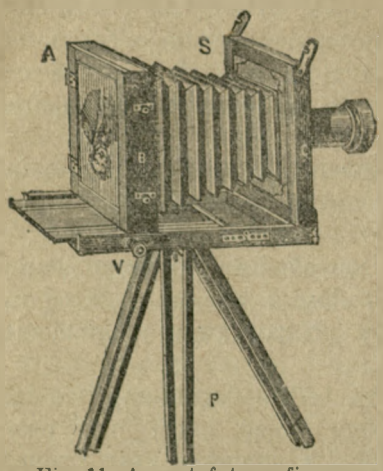


Fig. 11. Aparat fotograficzny.

Umieściłem zatem kasetę w głębi ciemni, a teraz pociągam zasuwkę; jeżelibyście mogli znajdować się tam w ciemni, to przekonalibyście się, że tem samem odsłoniłem płytę szklaną, wrażliwą na światło. A teraz zdejmuję pokrywkę, na płytę pada obraz przedmiotu, a substancja, którą pociągnięte jest szkło, niszczy się w miejscach jasnych, oświetlonych.

Poczekajmy kilka sekund. Dosyć. Teraz zakrywam znów objektyw, opuszczam zasuwkę, zamykając tym sposobem kasetę. Następnie wyjmuję ją z aparatu i przenoszę do pokoju oświetlonego światłem czerwonem, gdyż światło to nie działa wcale na substancję wrażliwą. Teraz pogrążam naszą płytę w płynie, który wywoła obraz.

Zaczekajcie chwileczkę cierpliwie, a siedźcie spokojnie!... Skończyłem, oto macie obraz już gotowy!... — Ale, proszę pana, to jest obraz odwrotny; miejsca które powinny być jasne, są tutaj czarne, a za to miejsca ciemne są tu przezroczyste.

— Masz słuszność, chłopcze, obraz taki nazywa się negatywem. Ażeby otrzymać obraz, podobny do przedmiotu, potrzebny mi jest papier czuły, czyli czerniejący pod wpływem światła.

Patrzcie, oto mam tu kawałek takiego papieru; wystawiam go na słońce, czy widzicie jak czernieje?

Otóż biorę jeszcze kawałek takiego papieru i podkładam go pod negatyw. W miejscach czarnych negatywu promienie słońca nieprzenikają do papieru i papier pozostaje białym, w miejscach przezroczystych światło przedostaje się do papieru i czyni go czarnym.

Tym więc sposobem otrzymujemy raz jeszcze obraz odwrócony, ale tym razem jest on podobny do przedmiotu: jest to tak zwany pozytyw.

— Ale, proszę pana, gdy wystawimy pozytyw na światło, to poczernieje on natychmiast.

— Masz słuszność, to też zanurzamy go prędko w płynie, który czyni taki papier nieczułym na światło, a kiedy papier poleży w nim jakiś czas, to możemy go już bez obawy wystawiać nawet na słońce, obraz nasz będzie już utrwalony.

Widzicie, jak łatwo jest fotografować... w teorji, bo w praktyce jest to rzecz cokolwiek trudniejsza i wymaga pewnej wprawy.

13. PROMIENIE X.

Teraz opowiem wam o wynalazku, który na pierwszy rzut oka wydaje się czemś nadzwyczajnem. Spojrzyjcie na to pudełko drewniane zamknięte i zapieczętowane. Co jest w tym pudełku? Nie wiecie i myślicie napewno, że jedyny sposób przekonania się o tem — otworzyć pudełko. Otóż teraz mamy na to inny sposób: nie otwierając pudełka i nienaruszając pieczęci możemy odfotografować to, co ono zawiera. Wydaje się to wam niemożliwem, a jednak jest to rzecz prosta, uważajcie tylko. Weźmiemy rurkę taką, jaką widzicie tu na rycinie 12-ej. Rurka ta jest zupełnie pozbawiona powietrza i przez obydwa jej końce przechodzą druty metalowe, które możemy łączyć z maszyną elektryczną, mogącą wytwarzać sto do stupięćdziesięciu iskier na sekundę. Natychmiast szkło przybierze barwę blado-zieloną, co, nawiasem mówiąc, wygląda bardzo ładnie.

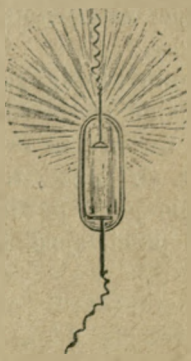


Fig. 12.

Ciekawsze jednak jest to, że szkło to rozsyła na wszystkie strony promienie, które są niewidzialne, tak jak są niewidzialne romienie ciepła.

Promienie te, zwane promieniami X, mają szczególną własność: przechodzą one przez drzewo, tekturę, ciało, skórę, równie łatwo, jak promienie świetlne przez szkło. Przeciwnie: szkło, metale, kości zatrzymują promienie X, zupełnie tak, jak ściany domu zatrzymują promienie świetlne.

Przytem promienie X działają na płytę fotograficzną tak zupełnie, jak promienie światła. Jeżeli więc postawię to pudełko (które zawiera, powiem wam z góry, parę nożyczek stalowych) na płycie fotograficznej czułej, okrytej czarnym papierem (światło wydzielane przez szkło, mogłoby zaszkodzić naszemu doświadczeniu), a na wierzchu pudełka umieszczę rurkę dostarczającą promieni X, to promienie te przejdą przez pudełko drewniane, papier czarny i padną następnie na płytę fotograficzną, z wyjątkiem miejsca, będącego pod nożyczkami, gdyż jak mówiłem wam, stal nie przepuszcza promieni X.

Jeżeli następnie pogrążymy płytę fotograficzną w płyn wywołujący obraz, to zobaczymy, że płyta stanie się czarną wszędzie, gdzie tylko przechodziły promienie X, czyli stanie się cała czarna, z wyjątkiem miejsca, będącego pod nożyczkami, których sylwetka zarysuje się bardzo jasno.

Jeżelibyście zamiast pudełka z nożyczkami między rurką dostarczającą promieni X, a płytą fotograficzną umieścili rękę, to otrzymalibyście fotografję szkieletu ręki, wiecie już bowiem, że kości zatrzymują promienie X, które przechodzą z łatwością przez skórę i ciało. Odkrycie to jest nadzwyczaj cenne, gdyż przy złamaniu któregobądź członka, doktorzy zdejmują fotografję i mogą działać na pewno, przytem można wykrywać kule, kawałki metalu uwięzłe w ciele, obecność kamieni wątrobianych, nerkowych i t. d. Jest to wynalazek Roentgen'a, uczonego niemieckiego. Imię jego powinno się wymawiać z wdzięcznością i uwielbieniem, bo pamiętajcie, dzieci, że wiedza niema ojczyzny.

HYGJENA.

RADY PRAKTYCZNE.

Przypomnę tu w krótkości rady, jakie dawałem wam w roku przeszłym [1]), dodając tylko niektóre szczegóły, tyczące się używania alkoholu.

Hygjena trawienia. — Pokarmy stałe. Przyjmowanie pokarmów ma na celu wynagradzanie strat, jakie ponosi nasz organizm, trzeba więc wybierać pożywienie takie, któreby odpowiadało w zupełności swemu celowi.

Wiecie, iż muskuły pracując zużywają się; ci więc, którzy pracują wiele muskułami, powinni jadać substancje zawierające azot, tak pożyteczny dla muskułów; pokarmy zawierające azot zwą się inaczej białkowemi, gdyż skład ich chemiczny jest taki sam, jak skład białka. Do nich należą: mięso (muskuły zwierząt), ser, jajka i substancja kleista chleba.

Ludzie, którzy nie pracują muskułami, prowadzą zaś życie siedzące, nie powinni przyjmować wiele pokarmów białkowych, gdyż to powoduje reumatyzm i podagrę.

Ażeby odżywiać kości, powinniśmy spożywać substancje mineralne: węglany i fosforany wapna. Węglan wapna znajduje się w wodzie, co zaś do fosforanu wapna, to mamy go w jarzynach, przeważnie takich, jak groch, fasola, soczewica.

Oprócz tych pokarmów, wynagradzających straty organizmu, powinniśmy przyjmować pokarmy dające cieplik, czyli podtrzymujące ciepło ciała. Do nich należą przedewszystkiem tłuszcze (masło, oliwa, tłuszcz zwierzęcy), a następnie substancje mączne, zawierające mąkę lub krochmal (chleb, kartofle) i nakoniec cukier.

Jeżeli zatem chcemy odżywiać się jak należy, to musimy przyjmować pokarmy białkowe, sole mineralne i pokarmy, dające cieplik. Nie myślcie, iż w tym celu trzebaby jadać potrawy bardzo złożone i wyszukane. Bynajmniej, kawałek chleba ze słoniną, ser i szklanka wody źródlanej stanowią posiłek pożywny.

Jest jeden pokarm, który zawiera wszystkie trzy rodzaje substancji: 1-o Substancję białkową, kazeinę, z której robią ser; 2-o sole mineralne; 3-o masło i cukier. Jest nim mleko. Mleko jest

---

[1]) Patrz: „Drugi rok nauk przyrodniczych“ — Pawła Berta.

zatem pokarmem doskonałym. Jest to jedyny pokarm, odpowiedni dla małych dzieci. Dzieci, karmione zbyt wcześnie zupami, są narażone na bardzo poważne niebezpieczeństwo.

Jak się powinno jeść. Przedewszystkiem trzeba dobrze żuć pokarmy, gdyż inaczej męczymy żołądek, który pracuje podwójnie za siebie i za zęby. Żołądek zmęczony podlega chorobom bardzo przykrym i bolesnym, przemieniając w odludków i pesymistów ludzi najbardziej wesołych i towarzyskich. Nie jedzcie zatem zbyt prędko i żujcie dobrze pokarmy.

Ale, aby dobrze żuć, trzeba przedewszystkiem mieć dobre zęby. Pielęgnujcie zatem zęby, myjąc je codzień szczoteczką i utrzymując zawsze w czystości. Pokarm, pozostawiony pomiędzy zębami, gnije, zatruwa oddech, wydzielając odór bardzo nie miły, a co ważniejsza jeszcze, sprawia próchnienie zębów. Ząb próchniejący wydrąża się coraz bardziej, sprawia nieznośny ból i wkońcu rozpada się na kawałki.

Trzeba jadać zawsze o tej samej porze, jak można najregularniej. Dobrze jest używać ruchu przed jedzeniem, dodaje to apetytu i usposabia do lepszego trawienia. Nie trzeba nigdy jeść zbyt wiele, powinno się zawsze wstawać od stołu trochę głodnym; jest to niezawodny sposób zdrowia i długiego życia. Pijcie w miarę.

Napoje. Woda jest jedynym napojem, niezbędnym dla człowieka. Kiedy nam chce się pić, znaczy to, że organizm nasz domaga się wody, nie zaś innego napoju. Tak więc napój, zawierający najwięcej wody, gasi najlepiej pragnienie.

Ale nie każda woda jest dobra do picia; nie trzeba nigdy pić wody mętnej, zawiera ona bowiem pyłki, które mogą być szkodliwe. Nawet woda czysta, ale nierozpuszczająca z łatwością mydła, woda, w której źle się gotują i twardnieją jarzyny, jest niestrawna; nie trzeba jej pić.

Co więcej, woda czysta i dobra do gotowania nie zawsze jest jeszcze dobra do picia. Widzieliśmy już (str. 132), że woda tak często bywa niebezpieczna, ponieważ zawierać może mikroby, wodorosty mikroskopijne, powodujące choroby ciężkie, często śmiertelne (tyfus, krup i t. d.).

Tylko woda zaczerpnięta wprost ze źródła nie zawiera wcale mikrobów. W braku wody źródlanej trzeba filtrować lub też gotować wodę, gdyż gotowanie zabija mikroby (patrz str. 134, jak uczynić wodę zdatną do picia).

Mleko. Mleko jest również doskonałym napojem, ale pijąc je trzeba także zachowywać pewne ostrożności, gdyż mleko, pochodzące od krowy chorej na suchoty, może nas nabawić tej ciężkiej choroby. Dlatego też lepiej jest zawsze pijać mleko przegotowane, które przytem jest daleko strawniejsze niż surowe.

Napoje aromatyczne. Są to napoje, otrzymywane przez zaparzanie różnych roślin aromatycznych. Do nich należą: herbata, kawa, kwiat pomarańczowy, lipowy i t. d. Napoje te są dobre dlatego, że woda używana do przygotowania ich musi być przegotowana.

Do napojów tych zaliczamy również lemoniadę, czyli mieszaninę wody z sokiem lub syropem z owoców. Trzeba koniecznie zwracać uwagę na to, żeby woda używana do tego była przegotowana. Pamiętajcie nie nadużywać lemonjad i syropów, gdyż sprawiają one obfite poty.

Fermentacje. Chcąc otrzymać napoje fermentacyjne, trzeba do ocukrzonego soku wrzucić rodzaj grzybka, który cukier zawarty w soku nader prędko zamienia w alkohol. Napoje, powstałe z fermentacji, różnią się jedynie smakiem, dzięki sokom, które poddajemy działaniu tego grzybka.

Tak więc sok winogron daje nam wino, sok z gruszek — gruszecznik, sok z jabłek — jabłecznik. Jeżeli zrobimy ferment z wywaru jęczmienia, to otrzymamy piwo; chcąc nadać mu pewną goryczkę, dorzucamy doń potem trochę kwiatu chmielu.

Znany wam jest może miód do picia, napój przygotowany przez fermentację miodu, pomieszanego z wodą.

Dystylacja napojów. Dystylując napoje fermentacyjne oddzielamy z nich alkohol. Alkohol ten jest znany w handlu pod nazwą spirytusu, wódki, koniaku i t. d.

Działanie alkoholu na organizm. Niektórzy ludzie wyobrażają sobie, że alkohol dodaje sił i energji. Mniemanie to jest najzupełniej błędne, gdyż siła taka jest sztuczną, a energja przejściową i kiedy przejdzie podniecenie, sprawione przez alkohol, człowiek czuje się jeszcze słabszym i mniej energicznym niż przedtem. Wówczas cóż łatwiejszego jak powtórzyć dozę podniecającą i tak ciągle i ciągle, aż w końcu nie podobna jest obyć się bez tego środka. Tym sposobem, nie będąc nigdy pijanym, nie spostrzegłszy się nawet, człowiek staje się pewnego pięknego dnia alkoholikiem.

A czy wiecie, jakie to pociąga skutki? Oto najpierw siła muskułów zmniejsza się z dniem każdym tak, że najmniejszy wy-

siłek staje się dla alkoholika bolesnym i trudnym. Człowiek taki nie jest zdolny do pracy i jeżeli niema na to, by żyć z kapitału, czeka go najokropniejsza nędza.

Słabość organizmu jego jest tak wielka, że nie może on przenieść żadnej choroby; każde poważniejsze niedomaganie przyprawia go o śmierć. Jest on jakby fortecą, która kapituluje, bo niema już energji do obrony. Oto dlaczego alkoholicy stają się tak często suchotnikami.

Stan umysłowy takich ludzi jest jeszcze bardziej opłakany: alkoholik jest obojętny na wszystko, bez woli, łatwo ulega wpływom, prowadzącym nawet do zbrodni. Pamięć jego zanika, władze umysłowe tępieją. Sypia on mało i źle, snem ciężkim, pełnym majaczeń. Często nawet po obudzeniu majaczenia jego nie znikają, ma on wizje straszliwe, słyszy hałasy przerażające, wzrok i słuch słabną, w uszach szumi bezustannie.

Wątroba jego przybiera rozmiary ogromne, trawienie jest trudne, apetyt znika, człowiek taki piłby tylko ciągle wódkę i pije ją, pije dotąd, aż pada tak nizko, że staje niżej od zwierzęcia. Potem przychodzi obłęd i śmierć.

Zauważcie przytem, że człowiek taki nie był może nigdy pijany, przyzwyczaił się tylko pić jeden, drugi kieliszek, by „zalać robaka“, by dodać sobie sił i pobudzić apetyt.

Biedny szaleniec, który chcąc stać się silniejszym, truje się codzień powoli!

Wpływ alkoholu na potomstwo. I gdybyż jeszcze alkoholik szkodził jedynie sobie! Niestety, używanie alkoholu daje się we znaki także i potomstwu. Dzieci alkoholików żyją krótko, albo, co gorsza jeszcze, są to istoty nierozwinięte fizycznie i umysłowo. Są to bądź idjoci, bądź też dzieci skrofuliczne, rachityczne, garbate, kulawe lub głuchonieme. Często również niewinne te ofiary są dotknięte straszną chorobą, zwaną epilepsją.

STRESZCZENIE.

Tak więc błędne jest mniemanie, że alkohol dodaje sił. Człowiek, niezależnie od rodzaju swej pracy, powinien się wystrzegać alkoholu, gdyż przyjmowany nawet w małych dozach jest on trucizną, której zgubne skutki dają się odczuwać kilku pokoleniom.

Alkoholicy kończą albo w kryminale, albo w szpitalu obłąkanych.

Tytuń. Drugą trucizną, podkopującą organizm ludzki, jest tytuń. Tytuń, należący do rodziny psiankowatych, zawiera gwałtowną truciznę, zwaną nikotyną. Cóż więc dziwnego, że ludzie, którzy żują tytuń, trują się czasami, łykając własną ślinę.

Palenie tytuniu jest również bardzo szkodliwe. U nieprzyzwyczajonych dym ten wywołuje niestrawność, zawroty głowy, rodzaj pijaństwa. Potem przychodzi przyzwyczajenie, ale mimo to tytuń jest bardzo szkodliwy, bo dym jego nietylko psuje i czerni zęby, ale wywołuje zaburzenia w krążeniu krwi, drażni płuca i usposabia do chorób piersiowych. Wielu mężczyzn umiera na suchoty jedynie dlatego, że zaczęli palić zbyt wcześnie.

Ludzie, przyzwyczajeni palić zbyt wiele, tracą smak i węch, wzrok ich słabnie, ręce drżą, pamięć zanika, energja umysłowa i moralna zmniejsza; się są oni skłonni do próżnych marzeń, próżniactwa, lubią odkładać na później zajęcia poważne.

Przytem nadużywanie fajki lub cygara, drażniąc nieustannie język i wargi gryzącym dymem, powoduje niekiedy chorobę raka ust, przyprawiającą o śmierć w ciężkich męczarniach.

Wierzcie mi, dziateczki, wystrzegajcie się palenia, zdrowie wasze i kieszeń zyskają tylko na tem.

Potrzeba ruchu. Mówiłem wam już, że są ludzie, którzy wyobrażają sobie, że kieliszek wódki, wypity przed jedzeniem, dodaje apetytu. Wiecie już, iż to jest błędne: zaręczam wam, że dobry spacer jest wart więcej, niż wszystkie wódki na świecie.

Aby muskuły były silne, a giętkie, trzeba im zadawać pewną pracę, to jest gimnastykować się, chodzić, biegać, piłować drzewo i t. d.

Człowiek, który używa ruchu, jest daleko zdrowszy, organizm jego działa prawidłowiej, umysł jest wypoczęty i usposobiony do pracy.

Trzeba jednak unikać przesady i nie nadużywać ruchu, bo wówczas, zamiast pożytku, przyniósłby on nam tylko szkodę. Ludzie, którzy używają zbyt wiele ruchu, śpią źle, snem niespokojnym, nie przynoszącym odpoczynku.

Gimnastyka i wogóle ruch wywołuje poty, strzeżcie się wówczas przeciągu; przeciąg często zbyt słaby, by zgasić świecę, gasi z łatwością życie ludzkie; sprawiając szybkie parowanie potu, ochładza bardzo skórę i może spowodować zapalenie płuc i t. p. choroby, zawsze poważne, a często śmiertelne.

Jak się trzeba ubierać. Nie powinniśmy ubierać się zimą zbyt ciepło w mieszkaniu, gdyż wówczas wychodząc na ulicę, łatwo jest się przeziębić. Nie noście nigdy szalików, to robi nas niewytrzymałymi na zimno i usposabia do przeziębień.

Nie zdejmujcie zbyt wczesną wiosną ciepłych paltotów, gdyż zmiany temperatury są wtedy bardzo gwałtowne, przytem wieczory i poranki chłodne, nic więc łatwiejszego, jak się wówczas przeziębić.

Trzeba odświeżać powietrze. Pamiętajcież również, że trzeba koniecznie odświeżać powietrze pokoju, w którym znajduje się kilka osób. Dobrze jest również spać przy uchylonem oknie, nawet i zimą, pod warunkiem, aby być dobrze nakrytym.

Alkowy, pokoje bez okien są bardzo niezdrowe, gdyż powietrze w nich odświeża się z trudnością. Śpiąc w nich, oddycha się powietrzem zepsutem, co usposabia do chorób piersiowych.

Wieśniacy, spędzający większą część dnia na powietrzu, są daleko zdrowsi niż robotnicy, pracujący w warsztatach źle przewietrzanych.

Nie lękajcie się zatem życia na wsi, nie uciekajcie do miast, zostańcie tam, gdzie was osiedlił los, gdzie możecie być silnymi i zdrowymi. Aby służyć swemu krajowi, nie koniecznie trzeba spędzać życie w zatrutej atmosferze dużych miast.

KOLEKCJE.

Jakże przyjemnie jest latem odbywać przechadzki na wsi i zbierać rośliny i minerały naszego kraju! Jest to również nadzwyczaj pożyteczne, bo tym sposobem poznajemy odmiany roślin, jakie się tam znajdują, jakoteż skały, stanowiące grunt tej miejscowości. Przytem jest to zajęcie nader higjeniczne, wszak wiecie już jak zdrowym jest ruch na świeżem powietrzu.

Ażeby zrobić zielnik, czyli kolekcję roślin, trzeba przedewszystkiem zasuszyć nasze okazy. Rozłożywszy starannie listeczki roślinki, kładziemy ją na papierze i umieszczamy pod prasą; można poprostu pokryć roślinę drugim arkuszem papieru, na to położyć deskę i przycisnąć ciężarem. Kiedy roślina uschnie zupełnie, przyklejamy ją w kajecie za pomocą paseczków papieru, pociągniętych klejem, a pod spodem piszemy datę, nazwę rodziny i miejscowość, w której zerwaliśmy tę roślinę.

Co się tyczy minerałów, to jest to rzecz jeszcze łatwiejsza. Kładziemy nasz minerał do pudełka z tektury, które bardzo łatwo jest zrobić samemu, a na pudełku piszemy nazwę minerału, którego przedstawicielem jest znaleziony przez nas okaz.

Mógłbym wam również powiedzieć, jak robić zbiory owadów, ale podług mnie każde stworzenie żyjące ma prawo do życia i nie powinno się go zabijać bez koniecznej potrzeby, w obronie własnej naprzykład. Co więcej, by robić kolekcje owadów trzeba nietylko zabijać biedne stworzonka, ale je przytem nielitościwie męczyć, nie chciałbym więc zachęcać was do okrucieństwa.

Niechże więc uczeni zbierają owady, które im są potrzebne do badań, my poprzestaniemy na zabijaniu jedynie tych, które nam szkodzą; zaś skrzętnym pszczółkom pozwólmy uwijać się koło kwiatków, a łątkom wdzięcznym dajmy odbijać się w przezroczem zwierciadle wód.

SPIS RZECZY.